Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr.med., Dr.med.dent.Ewald H a r n d t
und aus dem Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr.med.Bernhard S c h m i d t

Physikalische und bakteriologische Untersuchungen zur Frage der Sterilisation von zahnärztlichen Instrumenten (Hand- und Winkelstücke) mit Äthylenoxyd.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Peter Rausendorff
aus Gleißen/NM

1965.

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr.med., Dr.med.dent.Ewald H a r n d t
und aus dem Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr.med.Bernhard S c h m i d t

Physikalische und bakteriologische Untersuchungen zur Frage der Sterilisation von zahnärztlichen Instrumenten (Hand- und Winkelstücke) mit Äthylenoxyd.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Peter Rausendorff
aus Gleißen/NM

Dekan: Professor Dr.med.Adalbert L o e s c h k e

Referent: Priv.Doz.Dr.med.dent. Karl E i c h n e r

Korreferent: Professor Dr.med. Bernhard S c h m i d t

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 13. 10. 1965

Inhaltsübersicht.

A Einleitung.

I. Problemstellung.

II. Literaturübersicht.

1. Geschichte des Äthylenoxyds.

2. Chemische und physikalische Eigenschaften von Äthylenoxyd.

3. Toxizität des Äthylenoxyds.

4. Bakterizide Wirkung des Äthylenoxyds.

a) Allgemeines.

b) Spezielles.

c) Beurteilung der Sterilisationserfolge mit Äthylenoxyd.

5. Durchdringungsvermögen von Äthylenoxyd durch Kunststoff-Folien.

6. Nachteile der herkömmlichen Sterilisationsmethoden.

B Eigene Untersuchungen.

I. Material und Methoden.

1. Beschaffenheit des Sterilisiergutes.

2. Beschreibung der Sterilisationsgeräte, die für eigene Untersuchungen verwendet worden sind.

3. Einschweißen der Instrumente in Kunststoff-Folien mit Hilfe eines Schweißgerätes und Kennzeichnung der Folien mit einem Indikatorband.

II. Versuchsanordnung zur mechanischen Prüfung von Ölen vor und nach Begasung durch Äthylenoxyd.

1. a-d Durchführung der Versuche 1-23.

2. Ergebnisse.

III. Orientierende Versuche zur klinischen Erprobung von Hand- und Winkelstücken, die mit AO sterilisiert worden waren.

1. Durchführung der Versuche.

2. Ergebnisse.

IV. Sterilitätsprüfungen bei Hand- und Winkelstücken nach Äthylenoxydsterilisation.

1. Durchführung der Versuche.

2. Ergebnisse.

V. Diskussion der Ergebnisse von Abschnitt II-IV.

C Z u s a m m e n f a s s u n g.

D L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s.

A Einleitung.

I. Problemstellung.

Die Sterilisation von Hand- und Winkelstücken, wie sie in der zahnärztlichen Praxis Verwendung finden, ist bislang mit vielen Schwierigkeiten verbunden gewesen.
Bedingt durch den komplizierten Aufbau dieser Instrumente, konnte eine hinreichende Sterilisation nicht oder nur unzureichend erfolgen, weil die herkommlichen Sterilisationsverfahren (Sterilisation in Heißluft und in gespanntem Dampf) zu Schädigungen an Instrumenten und Materialien führen. (12,22,29,57 u.a.)
Da Sterilisationsversuche an Hand- und Winkelstücken keinen Erfolg hatten, wurde für sie die Desinfektion mit chemischen Mitteln vorgeschlagen. Es handelt sich bei diesen Präparaten hauptsächlich um chlorierte Phenolderivate, quarternäre Ammoniumbasen oder Ampholytverbindungen, die aber ebenfalls korrosiv auf Metalle wirken und deshalb für die genannten Instrumente größtenteils ungeeignet sind.
Auch ist dafür eine Reihe desinfizierender Öle auf dem Markt (Robisteril,Desinfex,Rotol,KaVo Tauchöl 2132 (20 u.a.)), die gleichzeitig Schmierung und Desinfektion erstreben. (3)
Mit diesen Mitteln kann zwar Desinfektion erreicht werden, nicht aber Sterilisation.
Seitdem die keimtötende Wirkung des Äthylenoxyds bekannt wurde, (5) sind auf vielen Gebieten der Medizin Anstrengungen unternommen worden, seine bakterizide Wirkung zum Zwecke der Sterilisation, im besonderen für hitzeempfindliche Materialien auszunutzen. So wurden in den letzten Jahren in der Knochen- und Gelenk-Chirurgie, bei Hals-Nasen-Ohrenärzten sowie bei Augenärzten mehr und mehr den zahnärztlichen Apparaten nachgebildete Instrumente verwendet, für die die Sterilisation mit Äthylenoxyd von Bedeutung ist.

Auch in dem Fachgebiet für Zahnheilkunde ist diese Art der Sterilisation von großem Interesse, weil gerade in der zahnärztlichen Praxis die Hitzesterilisation oder die Sterilisation mit gespanntem Dampf als nicht ausreichend angesehen werden kann. Speziell bei der Sterilisation von Hand- und Winkelstücken sind uns durch die Gassterilisation Mittel in die Hand gegeben, eine Lücke auf dem Gebiet der Sterilisation zu schließen.
Die Berichte über die Erfolge der Sterilisation mit Äthylenoxyd sind zum Teil widerspruchsvoll und hinsichtlich der Sterilisation zahnärztlicher Instrumente lückenhaft. Es erschien daher lohnenswert, sich dem Problem der Gassterilisation zahnärztlicher Instrumente besonders zu widmen.

II. Literaturübersicht.

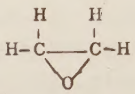
1. Geschichte des Äthylenoxyds.

Das Äthylenoxyd wurde im Jahre 1859 von W u r z (59) erstmals beschrieben.
Nachdem im Jahre 1928 C o t t o n und R o a r k (5) die insektizide Wirkung des Äthylenoxyds (ÄO) als erste erkannt und beschrieben haben, wurde eine keimtötende Wirkung von ÄO im Jahre 1929 von S c h r a d e r und B o s s e r t (47) nachgewiesen. Die erste Bekanntgabe der antibakteriellen Wirkung von ÄO ist in einer Patentschrift (47) von S c h r a d e r und B o s s e r t festgelegt worden. Sie berichten, daß mit einem Gasgemisch, bestehend aus 1 Gewichtsanteil ÄO und 20 Gewichtsanteilen Kohlendioxyd, "pests and germs of all kinds" abzutöten seien. Über die Anwendungsweise dieses Gasgemisches für Sterilisationszwecke fehlen jedoch in der Patentmeldung nähere Angaben.

Das Äthylenoxyd erlangte in den folgenden Jahren jedoch zunächst nur bei der Schädlingsbekämpfung größere Bedeutung. Erst im Jahre 1937 beschrieben G r o s s und D i x o n (14) Sterilisationsversuche mit Äthylenoxyd. Sie führten sie in einer Vakuumkammer bei einer ÄO-Konzentration von 524 mg/l und 893 mg/l und 2 1/2 - 3 Stunden durch, mit dem Erfolg, daß die angegebenen Äthylenoxydkonzentrationen die Abtötung 48 verschiedener Mikroorganismen bewirkt habe.
Im gleichen Jahr wurde ÄO von G r i f f i t h und H a l l (13) als Sterilisationsmittel für Gewürze empfohlen. Die Autoren meldeten dieses Verfahren als Patent (US Patent Nr.2189 347 1947) in den Vereinigten Staaten an.
Durch die grundlegenden Untersuchungen von P h i l l i p s und K a y e (39,40,24) aus dem Jahre 1949 wurde die Anwendung von Äthylenoxyd diskutiert und in weiterem Umfang wurden Sterilisationsversuche unternommen.

2. Chemische und physikalische Eigenschaften von Äthylenoxyd.

Äthylenoxyd ist ein zyklischer Äther, gekennzeichnet durch folgende Strukturformel :



Der Dreierring bewirkt schon bei gewöhnlicher Raumtemperatur eine starke Reaktionsfreudigkeit mit Verbindungen, die aktiven Wasserstoff besitzen, z.B. Säuren, Alkohol, Basen usw. (17) Bei Zimmertemperatur ist ÄO ein farbloses Gas, mit einem an Cloroform erinnernden, süßlichen Geruch, dessen Siedepunkt + 10,7° C beträgt. Niedere Temperaturen ändern den Aggregatzustand des Gases in eine farblose Flüssigkeit, der Erstarrungspunkt liegt bei - 111,3°C (2,4,12,34). ÄO ist leicht entflammbar und Gemische mit Luft sind explosiv. Die untere Explosiongrenze liegt im Gemisch mit Luft bei 3 Vol. %, die obere bei 80 Vol. %. (4,16)
Die leichte Explosionsfähigkeit des Gases erfordert alle Sicherheitsvorkehrungen, die beim Umgang mit explosionsfähigen Gasen vorgeschrieben sind. In flüssigem Zustand ist ÄO ein Lösungsmittel, das zahlreiche Substanzen angreift, in gasförmigem Zustand verliert es diese Eigenschaft völlig. (12)
ÄO ist mit vielen organischen Lösungsmitteln mischbar, in Wasser und Luft ist Äthylenoxyd jedoch nicht stabil, weil die Verbindung zu Äthylenglycol hydrolisiert. In Verbindung mit Gummi ist flüssiges Äthylenoxyd ein aktives Lösungsmittel. (4)
Bei Temperaturen über 40°C besitzt ÄO die Eigenschaft zu polymerisieren. Säuren und Basen dienen als Katalysatoren und beschleunigen den Vorgang der Polymerisation sehr. In Konzentrationen von mehr als 1,0 g/m ^{3} Luft wirkt das Gas auf die Schleimhäute des Respirationstraktes und der Augen reizend. In 1 %iger Lösung führt ÄO zu Verbrennungen auf der Haut.
H o l l i n g w o r t h und R o w e (21) berichten, daß

beim Menschen eine maximal verträgliche Konzentration (MAK) 100 ml AO pro m^3 Luft während 8 Stunden als noch zulässig angesehen werden kann.

S n o w (52) konnte jedoch auf Grund 2 Jahre langer Erfahrung bei mehr als 16 000 Äthylenoxydsterilisationen feststellen, daß weder bei Patienten noch bei dem die Sterilisatoren bedienenden Personal allergische oder toxische Reaktionen aufgetreten waren. Als besonders gute Eigenschaft wird das starke Diffusionsvermögen des Gases durch poröse Materialien angesehen.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Äthylenoxyds sind von B r u h i n, V i s c h e r, B ü h l m a n n und L a m m e r s (4) tabellarisch zusammengestellt worden.(Tabelle 1).

Physikalische und chemische Eigenschaften des Äthylenoxyds

Molekulargewicht	44,05
Siedepunkt (bei 760mm Hg)	10,73°C
Erstarrungspunkt	-111,3°C
Dichte des verflüssigten Gases bei -51,1°C	0,9641
Dichte des verflüssigten Gases bei 20,0°C	0,8694
Normalkubikmetergewicht	1,965kg/N m^3
Raumgewicht bei 20°C	ca. 1,83 kg/m^3
Dampfdruck bei -20°C	0,30 atm
Dampfdruck bei 0°C	0,73 atm
Dampfdruck bei 20°C	1,50 atm
Dampfdruck bei 40°C	2,90 atm
Kritische Temperatur	192°C
Zündtemperatur (in Luft)	430°C
Selbstentzündungstemperatur	571°C
Untere Explosionsgrenze	3,0 Vol. %
Obere Explosionsgrenze	80,0 Vol. %
Kritischer Druck	71 atm

Tabelle 1 (nach Bruhin,H.u.Mitarb.gekürzt)

Durch Zumischen inerter Gase wie Kohlendioxyd, Freon oder Stickstoff kann der Explosionsbereich des ÄO stark heraufgesetzt bzw. vollständig eliminiert werden. Auch die Eigenpolymerisation in den Aufbewahrungsbehältern wird durch das Zumischen inerter Gase aufgehoben.

Eine ÄO-CO_2 Mischung mit einem maximalem Anteil von 17% ÄO gehört nach Auskunft des "Deutschen Druckgasaustausches" (Hannover) nach internationalen Bestimmungen in die Gruppe nicht brennbarer Gase (48).

In Hochdruckstahlflaschen sind diese Gasgemische für Sterilisationszwecke unter verschiedenen Firmenbezeichnungen im Handel. Vergleiche Tabelle 2

Äthylenoxyd-Gasgemische für Sterilisationszwecke.

Handelsname	Hersteller	AO Gehalt in %	Inertgas (%)	Eigenschaften	Sterilisationsdruck
T-Gas	Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung mbH, Frankfurt a/M	90	10 CO_2	explosiv, jedoch bei Herabsetzung des Druckes auf 40 Torr nicht brennbar	< 40 Torr
Etox	London Fumigation Co. Ltd., London	*)	*)	*)	*)
Oxyfume	Union Carbide and Carbon Corp., New York 17, N. Y.	20	80 CO_2	explosiv	Normaldruck
Ato der Sterivit	Sterivit GmbH, Mainz a/Rh.	12-15	88-85 CO_2	nicht brennbar	3-5 atü
Cartox	Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung mbH, Frankfurt a/M	10	90 CO_2	nicht brennbar	Normaldruck bis 1,9 atü
Carboxide	Union Carbide and Carbon Corp., New York 17, N.Y.	*)	*)	*)	*)
Cryoxcide	American Sterilizer Co. Erie, Penna. USA	11	44,5 CCl_2F_2 44,5 CCl_3F	nicht brennbar	0,35 bis 1,2 atü

Tabelle 2 Nach Bruhin, H. u. mitarb. (4)

*) nicht angegeben.

3. Toxizität des Äthylenoxyds.

Reines ÄO wirkt sowohl als Gas als auch in Lösung toxisch. Wie schon unter II/2 erwähnt, verursacht es in höheren Konzentrationen starke Reizung der Schleimhäute, insbesondere können sie zu Lungenödem mit sekundär möglicher Infektion des Lungengewebes führen. (16)
Niedere Konzentrationen können bei längerer Einwirkungszeit Erbrechen, Kopfschmerzen, Gleichgewichtsstörungen, Dyspnoe und Cyanose hervorrufen. (16,24,55)
Tierversuche ergaben, daß Meerschweinchen, Affen und Kaninchen Konzentrationen von 0,09 mg ÄO pro Liter Luft auch über einen längeren Zeitraum ohne Schaden vertragen, daß jedoch höhere Konzentrationen, 0,37, 0,64 und 1,51 mg ÄO/l zu Schäden bzw. zum Tod der Tiere führen, der meistens durch Infektionen des Respirationstraktes und durch Lungenaffektionen eintrat. (21) In wässriger Lösung, besonders in 50 %iger Konzentration bewirkt ÄO auf der Haut Verbrennungserscheinungen. (49) P h i l l i p s und K a y e (41) weisen ebenfalls auf die Toxizität des Gases hin. Sie berichten von Verbrennungen auf der Haut, die nach mehrstündigem Tragen von mit ÄO begasten Gummihandschuhen auftraten.

4. Bakterizide Wirkung des Äthylenoxyds.

a) Allgemeines.

Die bakterizide Wirkung des Äthylenoxyds wurde in größerem Umfange erstmals von K a y e (24) und P h i l l i p s (39, 40) sowie von beiden Autoren gemeinsam (25,41) in ausführlichen Versuchsreihen untersucht. Sie stellten fest, daß der Sterilisationserfolg von der Konzentration, Temperatur, Einwirkungszeit und von der rel. Feuchte abhängig ist. (39)
W a r n e r (56) teilt mit, daß die Sterilisation mit ÄO nicht abhängig von hohem Feuchtigkeitsgehalt sei, er hält eine Feuchtigkeit in der Sterilisationskammer von

30 - 60% bei einer Temperatur von 54°C für ausreichend, um Sterilität zu erzielen.
E r n s t und S h u l l (7) sowie S h u l l (50) beobachteten, daß höhere Temperaturen und stärkere Konzentration einen besseren Sterilisationserfolg gewährleisten.

F r e e m a n und B a r w e l l (9) berichten, daß mit steigender Temperatur die Sterilisationszeiten sinken.

S k e e h a n, K i n g und K a y e (51) weisen darauf hin, daß neben der Konzentration die Temperatur, die relative Feuchte und die Einwirkungszeit des Gases eine große Rolle spielen.
Sie geben an, daß für eine gute Durchdringung von Materialien mit ÄO Einwirkungszeiten von mindestens 3 - 4 Stunden erforderlich sind.
Nach T h o m a s(53) sollen sich die Einwirkungszeiten bei Anstieg der Temperatur erheblich verringern.
S c h m i d t und D o b b e r s t e i n (45) geben an, daß bei einer ÄO.Konzentration von 500 mg/l Luftraum und einer rel. Feuchte von 30 - 50 % die Sterilisationszeit bei einer Temperaturzunahme von 17°C um die Hälfte sinkt.

b) Spezielles.

Ph i l l i p s (39) und K a y e (24) sowie beide Autoren gemeinsam, (25,41) benutzten für ihre Versuche folgende Mikroorganismen als Testkeime:
Mycobact. phlei, E. coli, S. typhi, Bac. subtilis und Bac. globigii.
Nach P h i l l i p s (39,40) sollen die Sporen des B. globigii bei Hitzeeinwirkung resistenter sein als die Sporen des Milzbrandbazillus, auch soll die ÄO-Resistenz höher sein als die vegetativer Keime.
Es wird außerdem darauf aufmerksam gemacht, daß ein Unterschied in der Abtötungsgeschwindigkeit zwischen vegetativen Keimen und Sporen besteht und daß die Abtötung während der Sterilisation logarithmisch verläuft.

Aus den Versuchen beider Autoren geht ebenfalls hervor, daß die Abtötungsgeschwindigkeit wesentlich von dem Feuchtigkeitsgehalt in der Kammer beeinflußt wird.

Im Gegensatz zu Formaldehydgas werden Sporen von Bac. globigii mit reinem ÄO bei einer rel. Feuchte von 28% viermal schneller abgetötet als bei 65% und 10 mal schneller als bei 97% rel. Feuchte. (25)
P h i l l i p s und K a y e folgern, daß die bakterizide Wirkung des Gases bei einer relativen Feuchte von 28% am größten ist. Bei weiteren Versuchen, die von den beiden Autoren mit Hilfe des Vakuumverfahrens durchgeführt wurden, (25) stellte sich heraus, daß der bakterizide Effekt teilweise oder aber ganz ausblieb, wenn Sporen in vollkommen trockenem Zustand der Gaseinwirkung ausgesetzt werden. Bei dem Evakuierungsprozeß wird die Luft und mit ihr die Feuchtigkeit aus der Kammer entzogen, bevor das Gas das Sterilisiergut erreicht hat.
Unter solchen Versuchsbedingungen sei keine einwandfreie Sterilisation mit ÄO gegeben.
ÄO könne nur dann in die Zellen eindringen, wenn Feuchtigkeit vorhanden sei. (25)
K a y e und P h i l l i p s sind weiter der Meinung, daß sich infolge der Trockenheit Proteinhüllen oder Salzkristalle um die Keime bilden und dadurch das Äthylenoxyd nicht eindringen kann.
Sie nehmen ferner an, daß ohne natürliche Feuchtigkeit in der Zelle Jonisationsvorgänge nicht ablaufen können und dadurch die Mikroorganismen nicht abgetötet werden. (25)

c) Beurteilung der Sterilisationserfolge mit Äthylenoxyd.

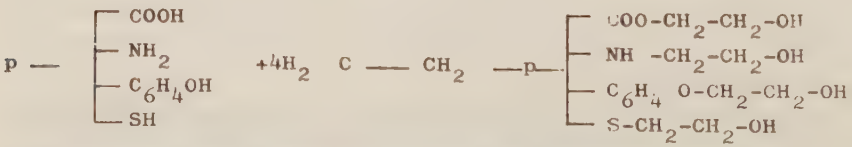
B e r g e r, S c h m i d t und D o b b e r s t e i n (2) gelang es nicht, lufttrockene Sporenerde durch Sterilisation nach dem Sterivitverfahren (28) keimfrei zu machen.

T h o n und N e u m a n n (54) konnten in Nährlösung suspendierte Bakterien, nachdem diese mit Testobjekten verklebt waren, nach dem "Degesch-Verfahren" (16) nicht entkeimen, ebensowenig wie salmonellainfiziertes Kristalleiweiß.
Sie sind der Meinung, daß das Gas die verklebten Bakterien nicht erreichen kann.
W o h l r a b (58) hält die Durchdringungsfähigkeit von AO für groß, "aber nicht groß genug, um im Kristalleiweiß eingeschlossene Salmonellen abzutöten".
Auch A l l i s o n (1) konnte bei 20% seiner Erdproben keine Sterilisationserfolge erzielen.
A d a m (Zitat von K a y s e r und L i e b e r m e i s t e r (26)) konnte die von ihm verwendete Sporenerde nicht sicher entkeimen. Auch M a y r (35) gelang es im Überdruckverfahren nicht, Bakterien sicher zu beseitigen.
G e w a l t und F i s c h e r (11) sowie B r u h i n, L a m m e r s, B ü h l m a n n und G e w a l t (4) hingegen konnten Sporenerde innerhalb kurzer Einwirkungszeit keimfrei machen.

Diese unterschiedlichen Versuchsergebnisse veranlaßten K a y s e r und L i e b e r m e i s t e r (26), nach den Ursachen für die Unregelmäßigkeit bei den Versuchsergebnissen zu forschen. Sie untersuchten Sporenerde aus verschiedenen Städten (Hamburg, München, Berlin und Jachenau) und stellten fest, daß die AO-Resistenz der Sporenerde verschiedener Herkunft stark differierte. Gleichzeitig zeigten sie, daß die Resistenz von Sporen gegenüber Äthylenoxyd nicht mit der Hitzeresistenz der gleichen Sporen übereinstimmten.
Von den untersuchten Erden wies die Hamburger Sporenerde die stärkste Resistenz gegenüber Äthylenoxyd auf. Die Autoren folgerten, "die hohe AO-Resistenz der Erde Hamburg ist also wahrscheinlich durch ein oder mehrere wasserlösliche Mineralsalze bedingt, die beim Auskristallisieren Erdkeime in ihre Kristalle einschließen. Die Keime, vor

allem Erdsporen, scheinen dabei als Kristallisationspunkte zu dienen".
Dieser "Schutzfaktor" sei nicht auf einen Keim beschränkt, sondern er umfasse verschiedene in der Erde vorhandene Keime bzw. Sporen. (26)
H e i c k e n (16) kam auf Grund eigener Untersuchungen zu dem Schluß, "daß die Feuchtigkeit bei ÄO-Sterilisationen eine rein mechanische Funktion ausübt, nämlich als Transportmittel für das ÄO in das Innere der Bakterienzellen, und daß ÄO erst dann durch die Eiweißmembranen diffundieren kann, wenn die Adsorptionssättigung mit Wasser überschritten ist. Nach Überschreitung dieser Grenze liegt das von Einweißmembranen aufgenommene Wasser nicht mehr als Adsorptionsschicht vor, sondern ist intermizellar, d.h. zwischen den Peptidketten der Eiweißmoleküle, eingelagert. Erst über die Wasserbrücke vermag ÄO durch die Membranen zu diffundieren, d.h. in das Innere von Bakterienzellen zu gelangen, um dort seine destruierende Wirkung auf die Plasmaproteine oder den Zellkern auszuüben".
Die toxische Wirkung des ÄO scheint nach H e i c k e n (16) auf Umwandlungsvorgänge im Bakterienprotein zu beruhen.

Auch F r ä n k e l - C o n r a t konnte (8) 1944 beweisen, daß ÄO mit funktionellen Proteinseitenketten Alkylierungsvorgänge eingehen kann unter folgendem Ablauf:



ÄO verestert freie Carboxylgruppen der Proteine und wandelt primäre Aminogruppen in sekundäre um. Unter Bildung von Äthern und Thioäthern werden Hydroxyl- und Sulphydrylgruppen durch ÄO umgesetzt. (4,16)

Auch W a r n e r (56) ist der Meinung, daß ÄO imstande ist, Verbindungen mit Proteinen einzugehen. Als Beweis führt er an, daß ÄO rote Blutkörperchen zu hämolysieren vermag und dadurch wird offensichtlich, daß es Komplement und Protein inaktiviert und mit Proteinen reagieren kann.

5. Durchdringungsvermögen von Äthylenoxyd durch Kunststoff - Folien.

Seit dem Jahre 1958 ist die Sterilisation mit ÄO im Begriff, immer größer werdende Anwendungsgebiete auch in Deutschland zu erschließen. Gerade für die Sterilisation von hitzeempfindlichen Materialien, also z.B. Kunststoffen, die bislang nur der chemischen Desinfektion zugänglich waren, werden neue Möglichkeiten durch die Gassterilisation eröffnet.
In den letzten Jahren sind von vielen Autoren (2,10,11,16, 27,28,30,38,40,46,54 u.a.) Versuche unternommen worden, die Sterilisation für besondere Gebiete der Medizin auszunutzen.
L a m m e r s und G e w a l t (32) erarbeiteten eine Methode, durch die eine Sterilisation mit Äthylenoxyd im Überdruckverfahren möglich ist. Das hierzu erforderliche Sterilisationsgerät "Sterivit" x) arbeitet mit einem Gasgemisch, bestehend aus 17% ÄO und 83% CO_2 bei Drucken bis zu 6 atü und Temperaturen zwischen 30° und 60°C.
L i e b e r m e i s t e r (34) berichtet, daß Kunststoffe und hitzeempfindliche Materialien, auch Spritzen, Flaschen, Katheter, Schläuche, chirurgisches Nahtmaterial, Nylongewebe und viele andere Materialien durch ÄO entkeimt werden können. Zahnärztliche Bohrer und Instrumente sind von B e r g e r, S c h m i d t und D o b b e r s t e i n (2), K l u c z k a und G e w a l t (29,30), G e w a l t und H a r n i s c h (12) zu Sterilisations-

x) Hersteller DMB Apparatebau Mainz

versuchen herangezogen worden.
Äthylenoxyd hat die Eigenschaft, verschiedene Materialien zu durchdringen, u.a. Öle, poröse und amorphe Stoffe und Plastics. (4,52)
W a r n e r weist darauf hin, daß ÄO auch durch geschlossene Behälter aus Plastik, (aber nicht durch alle Kunststoffe), diffundiere. Er gibt an, daß auch Papier, Zellophan und Gewebe von Äthylenoxyd durchdrungen werde.
Die hohe Diffusionsfreudigkeit gestattet es, daß das Sterilisiergut in luftdichten, für Äthylenoxyd permeablen Kunststoff-Folien sterilisiert werden kann. (12,18,29,30, 34,45 u.a.)
Die Kunststoff-Folien bestehen weitestgehend aus einer homogenen Masse und nicht aus einem Gefüge einzelner Fasern, wie das z.B. bei Papier und anderen Materialien der Fall ist, auch sind sie, sofern nicht Fabrikationsfehler vorliegen, porenfrei. Kunststoff-Folien sind nach H. M ü l l e r (37) für Gase und Wasserdampf durchlässig.

Für die Sterilisation mit Äthylenoxyd ergibt sich dadurch der Vorteil, daß die Feuchtigkeit, die dem Sterilisiergut zugeführt werden muß, um Sterilität zu erzielen, nur dazu dient, den Feuchtigkeitsgehalt der Sterilisationskammer zu erhalten, nicht aber eine aktive Befeuchtung des Sterilisiergutes zu veranlassen. (48)
Nach durchgeführter Sterilisation können die Instrumente, sofern die Folienbeutel gut verschlossen sind, in der Folie steril aufbewahrt werden, weil die Folien bakteriendicht sind.
Das in Kunststoffbeutel verpackte Instrumentarium kann so monatelang keimfrei aufbewahrt werden. (18)
S e i b e l und L a m m e r s (48) beschrieben Versuche, bei denen in Niederdruck-Polyäthylen-Folienbeuteln eingeschweißte Nährbouillon steril geblieben war, nachdem sie mehrere Tage in der Erde vergraben aufbewahrt worden waren.
B. S c h m i d t (44) konnte nachweisen, daß Plastikbeu-

tel, die mit Stabilisatorflüssigkeit gefüllt in eine 24-stündige Bouillonkultur einer Mischung von E. coli und Candida sp. eingelegt waren, nach 48 bzw. 72 Stunden keimfrei geblieben waren.
K ö r n l e i n und S e i b e l (31) konnten feststellen, daß die Permeationsgeschwindigkeit des Äthylenoxyds durch bakteriendichte Kunststoff-Folienbeutel mit zunehmender Stärke vermindert wird.
Sie beobachteten, daß das nach der Sterilisation in den Beuteln verbliebene Gas in relativ kurzer Zeit wieder nach außen diffundiert.
H e i s s und S c h m i d t - M e n d e (18) geben an, daß die in Folien verpackten Instrumente nur geringfügig höherer Sterilisationszeiten bedürfen, als unverpackte Instrumente.

6. Nachteile der herkömmlichen Sterilisationsmethoden.

Die Nachteile der Hitzesterilisation von Hand- und Winkelstücken waren Anlaß, nach geeigneten Sterilisationsmethoden für diese Geräte zu suchen. Die Sterilisation im Autoklaven oder im Heißluftschrank schädigt die Instrumente und führt zu Korrosionserscheinungen oder zu vorzeitigem Verschleiß der Hand- und Winkelstücke. Auch wurden immer wieder Versuche unternommen (22 u.a.), mit chemischen Mitteln, z.B. mit heißem Öl, Formaldehyd, Kresol- und Phenolverbindungen, wenigstens eine Desinfektion der Instrumente zu erreichen. Alle Anstrengungen, die in dieser Richtung unternommen wurden, befriedigten aber in der Praxis nicht. Bei der Ölsterilisation z.B. müssen die Hand- bzw. Winkelstücke nach dem Reinigungsprozeß in ein eigens dafür hergestelltes Ölbadgefäß gegeben werden. Das Öl wird durch eine elektrische Heizquelle zum Sieden gebracht und die Instrumente werden für ca. 30 Minuten in dem Ölbad belassen. Nach erfolgter Sterilisation werden die Instrumente mit Kornzangen entnommen und in einer Zentrifuge zen-

trifugiert, um das an den äußeren Teilen befindliche Öl zu entfernen. Da die Instrumente durch das Zentrifugieren noch nicht genügend abgekühlt sind, müssen sie in einem Gefäß unter sterilen Bedingungen so lange aufbewahrt werden, bis sie vollständig abgekühlt sind. Der Zeit- und Arbeitsaufwand (die gesamte Arbeitszeit beträgt annähernd 2 Stunden) ist für den praktisch arbeitenden Zahnarzt zu umfangreich. Außerdem kommt es bei den so sterilisierten Instrumenten während der Arbeit am Patienten oft zum Ölaustritt in die Munhöhle, weil trotz des Zentrifugierens zu viel Öl im Inneren der Instrumente verbleibt.
Verschiedene moderne Instrumente z.B. das Übersetzungswinkelstück "KT 150" +) und das Übersetzungswinkelstück der Firma K o r r , dürfen nicht mit Öl in Kontakt gebracht werden, weil das Öl die aus Kunstoff bestehenden Keilriemen sowie Gummidichtungen angreift.
Aus den hier angeführten Gründen werden Hand- und Winkelstücke in der Praxis nicht - oder selten- sterilisiert, das äußerliche Abwischen mit einem in Äthylalkohol getränkten Lappen wird als ausreichend angesehen.

+) Hersteller + Drendel & Zweiling Berlin.

B Eigene Untersuchungen.

I. Material und Methoden.

1. Beschaffenheit des Sterilisiergutes.

Zahnärztliche Hand- und Winkelstücke konnten mit den klassischen Sterilisationsverfahren bisher nur ungenügend oder überhaupt nicht sterilisiert werden.

Die Schwierigkeiten sind durch den technischen Aufbau dieser Instrumente bedingt:

Der Grundkörper eines Handstücks besteht aus einer durchgehenden, geraden Achse, die nach dem Prinzip einer Kardanwelle beweglich ist. Über ein Bohrgestänge wird diese Achse mit Hilfe eines Motors in Bewegung gesetzt. In das vordere Ende der Achse ist ein Spannmechanismus für Zahnbohrer eingearbeitet. Um einen ruhigen Lauf des Bohrers zu erreichen, ist die Achse je nach Typ des Handstücks entweder kugelgelagert oder mit Gleitlagern ausgestattet. Um ein einwandfreies Arbeiten des Instrumentes zu gewährleisten, ist es notwendig, die Lager mit Hilfe von Ölen zu fetten. Der Umbau des Grundkörpers besteht aus mehreren zerlegbaren Schutzhülsen. (Abb.1 und 2)

Der konstruktive Aufbau des Winkelstückes gestattet eine Richtungsänderung der Drehbewegung in einem Winkel von 110°.

Die beiden Achsen, eine lange und eine kurze, stehen durch Kegelzahnräder miteinander in Verbindung. Durch diesen Aufbau ist es möglich, die Achsen gegeneinander um 20° abzuwinkeln. Das vordere Ende der kurzen Achse trägt ebenfalls einen Zahnradkranz, der in einem Winkel von 90° mit einem Zahnradtrieb im Winkelkopf in Verbindung steht. (Abb.3 und 4) Die Achsen sowie der Triebsatz im Winkelkopf sind entweder kugelgelagert oder mit Gleitlagern versehen. Alle beweglichen Teile bedürfen der Schmierung durch Öle. Das Grundgerüst des Winkelstückes ist wie beim Handstück mit zerlegbaren Schutzhülsen versehen. (Vergleiche Abb.3)

Die Herstellerfirmen empfehlen für die Sterilisation die-

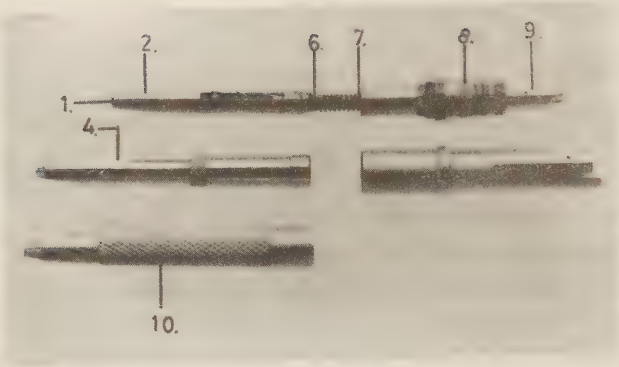


Abb. 1 In Einzelteile zerlegtes Handstück

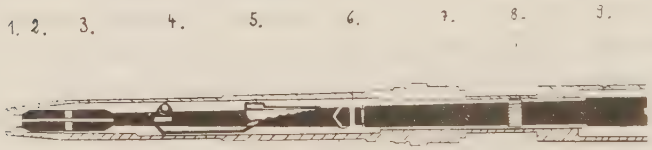


Abb. 2 Schemazeichnung eines Handstücks
(Die äußere Schutzhülse ist der besseren Übersicht wegen fortgelassen worden)

1. Öffnung für Bohrerschaft
2. Unteres Gleitlager
3. Bohrerspannzange
4. Innere Schutzhülse (Ölschutzhülse)
5. Bohrerspannmechanismus
6. Kardangelenk
7. Antriebsachse
8. Lager
9. Antriebsstutzen
10. Äußere Schutzhülse

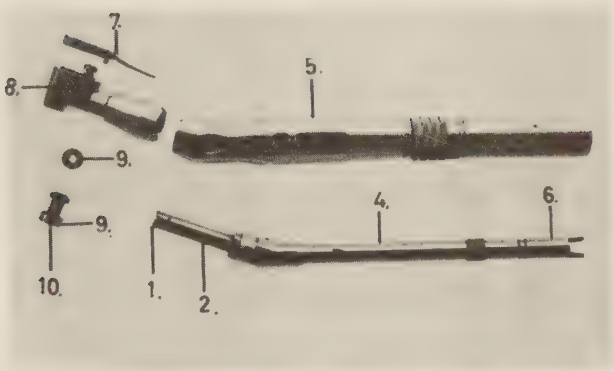


Abb.3
In Einzelteile zerlegtes Winkelstück.

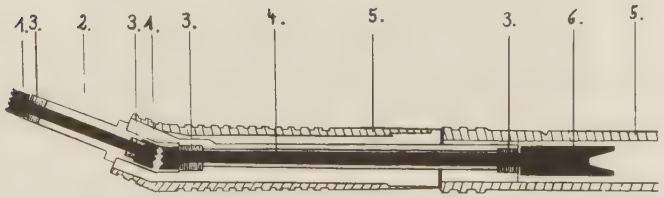


Abb.4
Schemazeichnung eines Winkelstückes.

1.Zahnräder
2.Kleine Achse
3.Lager
4.Große Achse
5.Äußerliche Schutzhülse
6.Antriebsstutzen
7.Bohrerverriegelung
8.Winkelkopf
9.Triebeinsatz mit Kugellagern
10.Öffnung für Bohrerschaft

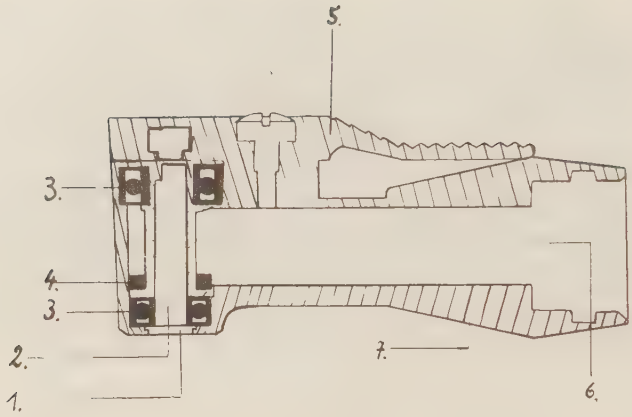


Abb.5
Schemazeichnung eines Winkelkopfes

1. Öffnung für Bohrerschaft
2. Triebeinsatz
3. Kugellager
4. Zahnrad
5. Bohrerverriegelung
6. Laufschaft für kurze Achse
7. Winkelkopfgehäuse

ser Instrumente Heißluft bis höchstens 180°C oder Dampfsterilisation bis max. 3 atü. Bei Anwendung dieser Sterilisationsmethode muß eine sorgfältige Wartung unbedingt eingehalten werden. Darüber hinaus ist es auch gelungen, Öle zu entwickeln, die Temperaturen über 180°C vertragen, ohne dabei ihre Schmierfähigkeit einzubüßen. (20) Es hat sich aber in der Praxis gezeigt, daß die nach diesem Sterilisationsverfahren behandelten Instrumente einem wesentlich schnelleren Verschleiß unterliegen als Instrumente, die nicht sterilisiert wurden.
Es ist auch erwiesen, daß Mikroorganismen, die mit einem Ölfilm umgeben sind, vom strömenden Dampf nicht erreicht werden. (B e r g e r (3))
Ebenso können sich bei der Sterilisation mit Heißluft

Kaltluftnester zwischen den nur wenige µ betragenden Spalten der Gleitlager bilden, in denen die in Öl eingefilmten Keime nicht mit Sicherheit abgetötet werden können. 1959 wurde von der Fa. Kaltenbach und Voigt ein Verfahren angegeben, das unter dem Namen "Tauchölverfahren" bekannt wurde.
Hierbei werden die Hand- und Winkelstücke nach dem Gebrauch für 3 - 5 sec. in ein Ölbad gestellt. Das Öl selbst hat eine gewisse bakterizide, aber nicht sporozide Wirkung. (Mündliche Mitteilung V. Lenk)

Abb. 6
Tauchölbesteck der Fa. Kaltenbach und Voigt.
Linkes Gefäß zur Hälfte mit Desinfektionsöl gefüllt.
Rechtes Gefäß: Ölabtropfgefäß
Ölkanne

Da das Öl leichtflüssig ist, kommt es durch Adhäsion und Kapillarwirkung zu einem " Emporsteigen bzw. - ziehen" des Öles an den Wandungen der Instrumente, wodurch neben der desinfizierenden Wirkung gleichzeitig eine Schmierung der Lager gewährleistet wird.
Dieses Verfahren bedeutet einen wesentlichen Fortschritt bei der Desinfektion der Hand- und Winkelstücke, weil

1. eine zum großen Teil befriedigende Desinfektion der Instrumente erreicht wird,
2. eine einwandfreie Funktion der Instrumente durch die Schmierung gewährleistet ist,
3. keine Schädigungen oder Korrosionserscheinungen an den Instrumenten auftreten,
4. das Verfahren in der Praxis leicht und ohne besonderen Zeitaufwand zu handhaben ist.

2. Beschreibung der Sterilisationsgeräte, die für eigene Untersuchungen verwendet worden sind.

Für eigene Sterilisationsversuche wurden zwei unterschiedliche Gassterilisatoren verwendet:

(1) Äthylenoxydsterilisationsgerät der Fa. DMB Apparatebau Mainz ("Sterivit"-Gerät)[x)]

(2) Gassterilisationsgerät der Fa. Rudolph Hartmann, Berlin-Rudow,

(1) Das Sterivit-Gerät hat einen Nutzraum von 10 Litern und arbeitet nach dem "Mainzer Sterilisationsverfahren". Zur Sterilisation wird ein nicht brennbares und nicht explosibles Gasgemisch, bestehend aus 15 % ÄO und 85 % CO_2, verwendet, das in flüssiger Form in Hochdruckflaschen im Handel ist. Das gespannte Äthylenoxyd wirkt bei Drucken zwischen 5-6 atü und einer konstanten Temperatur von 55°C ein. Hier wird eine ÄO-Konzentration von ca. 1200 mg/l erreicht.
Das Ein- bzw. Ausströmen des Gases aus der Sterilisationskammer wird durch Magnetventile gesteuert. Zeitschalter, Thermometer und Kontrollmanometer lassen den automatischen Ablauf des Sterilisationsvorganges leicht regulieren und beobachten.
Sobald die gewünschte Temperatur (55°C) erreicht ist, öffnen sich die Magnetventile und das flüssige Äthylenoxyd-CO_2-Gemisch gelangt über einen Verdampfer in die Kammer.

x) Typ 101 V Sterivit

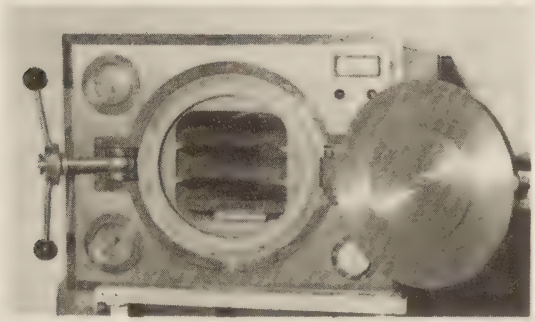


Abb.7
Gassterilisator der Fa. DMB Apparatebau Mainz, Sterivit-Gerät.

Ist der vorgesehene Betriebsdruck von 5-6 atü erreicht, wird die Zeitschaltuhr automatisch in Gang gesetzt und der Sterilisationsvorgang läuft ab. Um einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt in der Kammer zu erzielen, ist es notwendig, einen mit Wasser getränkten Schaumgummibefeuchter in die Sterilisationskammer zu legen.
Das Gerät, das für eigene Versuche zur Verfügung stand, besaß im Gegensatz zu neueren Geräten noch keinen Feuchtigkeitsmesser; gesonderte Messungen mit einem Hygrometer zeigten aber, daß der relative Feuchtigkeitsgehalt in der Kammer zwischen 65 - 80 % lag.
Am Ende der Sterilisationszeit wird durch einen Stromkreis das Einlaßventil geschlossen und das Auslaßventil geöffnet, das Gasgemisch strömt dann durch einen Schlauch nach außen ab.

(2) Das Hartmann-Gerät hatte einen Nutzraum von 75 Litern.

Es arbeitet ebenfalls vollautomatisch, unterscheidet sich jedoch von dem "Sterivit-Gerät"dadurch, daß es nach dem Vakuumverfahren arbeitet (d.h. das Gas strömt in die vorher evakuierte Kammer ein). Zur Sterilisation wird das Gasgemisch "Cartox", bestehend aus 90 % CO_2 und 10 % Äthylenoxyd, verwendet. Das Gas wird in flüssigem Zustand

in Stahlhochdruckflaschen mit einem Inhalt von ca. 25 kg geliefert, hat einen Druck von 40 atü und wird zu Sterilisationszwecken über ein Reduzierventil direkt aus der Stahlhochdruckflasche entnommen. Die Temperatur des warmwasserbeheizten Mantels der Sterilisationskammer wird während des Sterilisationsvorganges konstant gehalten.

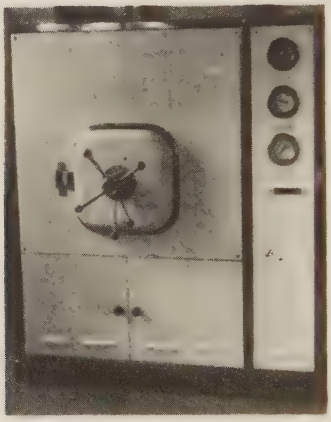


Abb.8
Gassterilisator der Fa.Rudolph Hartmann AG, Berlin-Rudow.

Folgende Arbeitsphasen laufen nach Angaben der Fa. Hartmann (15) automatisch ab:

(1) Evakuierung der Kammer bis auf etwa 20 Torr.
(2) Anfüllen der Kammer mit Sattdampf bis auf 150 Torr ≙ ca. 60°C zum Befeuchten des Sterilisiergutes. Diese Temperatur kann bei besonders empfindlichem Sterilisiergut noch weiter herabgesetzt werden. Die Einregulierung ist durch Verstellen einer Einstellschraube in einfacher Weise möglich.
(3) Sterilisation mit "Cartox", das zu diesem Zwecke aus der Vorratsflasche in den Sterilisator gelassen wird und den Raum vollständig ausfüllt, da die Luft vorher entfernt wurde. Hierbei beträgt der Druck in der Kammer 2,5 atü, was einer Gaskonzentration von 500 mg/l

Nutzraum entspricht. Die Temperatur bleibt dabei konstant auf 60°C oder, wenn notwendig, auch niedriger.

Zur Steuerung der Temperatur dient ein Kontaktthermometer, das die elektrische Heizung des warmwasserbeheizten Mantels der Kammer zu- oder abschaltet.

(4) Nach beendigter Sterilisation erfolgt die Entgasung. Hierzu dient wiederum die Vakuumpumpe, die das in der Kammer enthaltene Gas absaugt und ins Freie befördert. Die Absaugung geschieht unter Vakuum, so daß alle Gasreste entfernt werden.

(5) Nach beendigter Absaugung können die Tür geöffnet und das Gut entnommen werden. Alle Arbeitsphasen werden durch Leuchtschrift an der Armatur angezeigt. Der Apparat ist mit besonderen Sicherheitsvorkehrungen versehen:
Zwei Sicherheitsventile, die das Gas bei Überschreitung des max. zulässigen Betriebsdruckes von 2,5 atü ins Freie ablassen. Eine Überhitzung des Gerätes kann nicht eintreten, da die unter Atmosphärendruck arbeitende Warmwasserbeheizung 100°C nicht übersteigt.

3. <u>Einschweißen der Instrumente in Kunststoff-Folien mit Hilfe eines Schweißgerätes und Kennzeichnung der Folien mit einem Indikatorband.</u>

Da Äthylenoxyd die Fähigkeit besitzt, Kunststoff-Folien zu durchdringen und die in Folien verpackten Instrumente zu sterilisieren, wurden bei eigenen Sterilisationsversuchen Hand- und Winkelstücke in bakteriendichte Polyamidfolienbeutel[x)] eingeschweißt. Das Zuschweißen der Beutel wurde mit einem Wärmeimpulsschweißgerät[xx)] durchgeführt, das mittels elektronischer Steuerung stets eine

x) Hersteller: Dr. Plate, Bonn
Typenbezeichnung Platilon-Folienbeutel

xx) Hersteller: Walter Tautz, Berlin,
Typenbezeichnung 9001

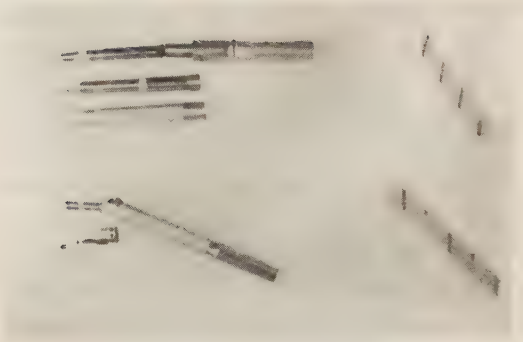


Abb.9 Im Folienbeutel eingeschweißtes Hand- und Winkelstück.
Der Kunststoff-Folienbeutel ist mit einem Indikatorband versehen.

einwandfreie, reißfeste Schweißnaht liefert.
Das Gerät besteht aus einem Generator mit regelbarer Wärmeimpulseinstellung und einer Schweißzange und ist geeignet zum Verschweißen von Kunststoffen bis zu einer Dicke von 0,3 mm.
Die Abmessungen der Beutel betrugen 7,4 x 30 cm.
Ein in den Beutel eingelegtes Indikatorband[x] zeigt durch Farbumschlag an, ob eine Begasung stattgefunden hat. (Vergleiche Abb.10 und 11)
Bei allen Versuchen, bei denen Instrumente in Folienbeutel eingeschweißt wurden, ist dieses Indikatorband verwendet worden. In keinem Fall ist eine Farbänderung ausgeblieben.
Bei Anwendung des Indikatorstreifens im "Sterivit-Gerät", bei Sterilisationszeiten unter 30 Minuten, ist der Farbumschlag nicht so deutlich wie bei Sterilisationszeiten über 30 Minuten.

x) Hersteller 3 M Minnesota Mining-Manufakturing C.O.m.b.H.,Düsseldorf.

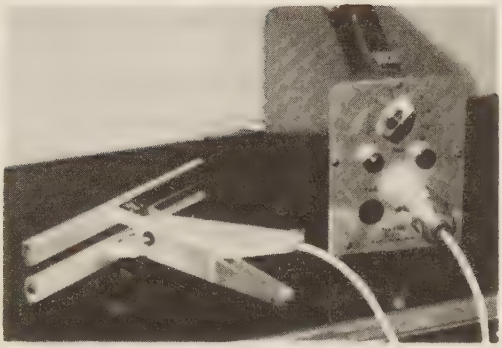


Abb.10
Kunststoff-Folien-Schweißgerät

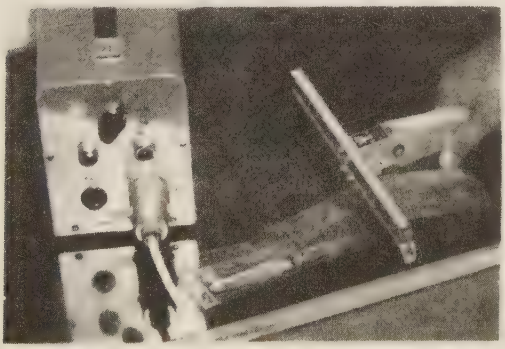


Abb.11
Einschweißen der Instrumente in Kunststoff-Folienbeutel.

II. Versuchsanordnung zur mechanischen Prüfung von Ölen, vor und nach Begasung durch Äthylenoxyd.

Durch Versuche sollte geprüft werden, ob die Reibungswärme, die bei laufenden Handstücken an den Lagern auftritt, bei äthylenoxydbegasten Ölen erhöht oder ob die Temperatur im Vergleich zu nicht begastem Öl gleichbleibend ist. Wenn Äthylenoxyd die Schmierfähigkeit der Öle beeinflußt, müßte eine Temperaturzunahme, bedingt durch erhöht auftretende Reibungswärme, an den Achsenlagern der Instrumente auftreten und meßbar sein.
Daher wurden fabrikneue, vorschriftsmäßig gepflegte Handstücke[x)] mit einer Klemme an einem Stativ befestigt. Als Antriebsmaschine diente ein mit Doriotgestänge und stufenloser Geschwindigkeitsregelung versehener Siemens-Motor, wie er bei Dentaleinheiten Verwendung findet. (Abb.12)
Zur Messung der Temperaturen bei laufendem Handstück am unteren Gleitlager in Nähe der Bohröffnung, wurde ein Thermoelement aus Fe-Constantan mit 3 Ω Widerstand verwendet. Das Thermoelement wurde mittels Kunststoffklemme an der äußeren Schutzhülle des Handstücks befestigt. (Abb.13)

Damit die Wärmeentwicklung, die durch Reibung in dem Gleitlager auftritt, möglichst vollständig vom Thermoelement registriert werden konnte, wurde das laufende Handstück in ein abgedecktes Dewar-Gefäß gegeben.

Um die andere Lötstelle des Thermoelementes möglichst temperaturkonstant zu halten, wurde sie wasserdicht geschützt und in einem zweiten mit Eiswasser gefüllten Dewar-Gefäß befestigt.
Das Thermoelement selbst wurde an ein Millivoltmeter, das für Widerstände von 3 - 10 Ω geeicht ist, angeschlossen, an dem drei verschiedene Meßbereiche einstellbar waren. Die Umrechnung von Millivolt in °C erfolgt mittels einer Eichkurve.

x) Hersteller: Fa.Kaltenbach und Voigt,Biberach/Riss
Typenbezeichnung KaVo Suprahandstück

(Meßbereich I
gilt umgerechnet auf die Temperatur von 15° - 30°C)
(Meßbereich II
gilt umgerechnet auf die Temperatur von 15° - 51°C)
(Meßbereich III
gilt umgerechnet auf die Temperatur von 30° - 110°C)

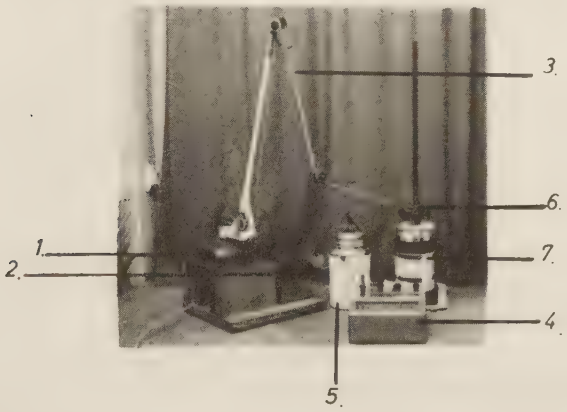


Abb.12 Versuchsapparatur zur Messung der Reibungswärme an Handstücklagern.

1. Motor
2. Regelbarer Widerstand
3. Doriotgestänge
4. Drehspulinstrument (Millivoltmeter)
5. Mit Eiswasser gefülltes Dewargefäß, mit zweiter Lötstelle des Thermoelementes.
6. Stativ mit Stativklemme, zur Befestigung des Handstücks.
7. Abgedecktes Dewargefäß, in dem das Handstück mit Thermoelement angebracht ist.

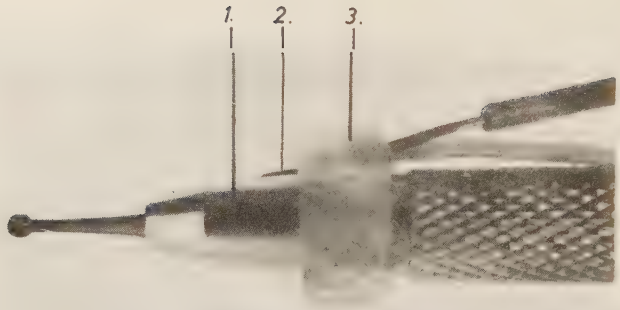


Abb.13 Handstück mit Thermoelement

1. Äußere Schutzhülse des Handstücks, darunterliegend das untere Gleitlager
2. Thermoelement
3. Kunststoffklemme als Halterung für das Thermoelement

1. a-d Durchführung der Versuche 1 - 23.

a) Durchführung des Versuches 1

Ein fabrikneues Handstück wurde, nachdem es mit Xylol entfettet worden war, mit KaVo-Öl 2014 vorschriftsmäßig an allen Ölstellen geölt. Vor Beginn des Versuches wurden die Millivolt am Drehspulinstrument abgelesen. Nach Einschalten des Motors wurde die Laufgeschwindigkeit mit Hilfe eines Drehzahlmessers (Vergl.Abb.14) am Handstück gemessen, die Drehzahl wurde mit Hilfe des stufenlosen Regelwiderstandes auf etwa 6000 U/min. eingestellt.
Mehrmalige Messungen in Zeitabständen von 5 Minuten wurden am Drehspulinstrument in Millivolt abgelesen und in ^{o}C umgerechnet. Aus der Addition dieser Meßwerte wurde der Mittelwert errechnet und tabellarisch festgehalten. Temperaturdifferenzen von ca. 1^{o}C sind durch den Versuchsaufbau bedingt und können deshalb bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.
Nach 60 Min. ununterbrochener Laufzeit, bei einer Geschwindigkeit von 6000 U/min., wurde der Versuch beendet.

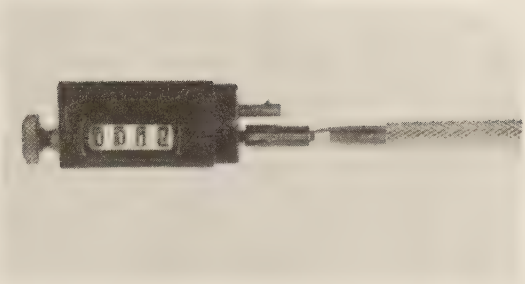


Abb.14

Drehzahlmeßgerät: Modell Recort für
Drehzahlen bis max. 15 000 U/min.

b) Durchführung der Versuche 2 und 3

10 cm^3 Öl der Fabrikbezeichnung KaVo 2014 wurden in einer offenen Petrischale für 60 bzw. 180 Min. dem Einfluß von Äthylenoxyd in einem Sterivit-Gerät ausgesetzt.
Das für den Versuch 1 gebrauchte Handstück wurde in seine Einzelteile zerlegt, vollständig mit Xylol entfettet und anschließend nach Vorschrift mit dem 60 min. bzw. 180 min. begasten Öl geölt. Der weitere Versuchsablauf gestaltete sich wie bei Versuch 1 beschrieben.

c) Durchführung der Versuche 4 - 11

Bei gleicher Versuchsanordnung, wie in Versuch 1 beschrieben, wurden 2 andere Öle (D. u. Z. High-Speed-Imperatoröl), (und KaVo-Spezialtauchöl für Schnellaufinstrumente 2132) untersucht.
Vor jedem Versuch wurde das Handstück entfettet und anschließend mit dem zu untersuchenden Öl geölt. Während des Versuches wurden in Abständen von 5 min. die Millivolt am Drehspulinstrument abgelesen. Ebenfalls wurden, wie schon bei Versuch 1 erwähnt, die Öle dem Einfluß des Äthylenoxyds ausgesetzt.

d) Durchführung der Versuche 12 - 23

Unter gleichen Bedingungen wie unter 1 a, b, c, wurden die Öle bei hochtourig[x)] laufendem Handstück geprüft. Der stufenlose Widerstand des Motors wurde so eingestellt, daß am Handstück 14 ooo - 15 ooo Umdrehungen/min. auftraten. Die Ergebnisse der Versuche a - d sind aus den Tabellen (3,4,5) zu entnehmen.

2. Ergebnisse.

a) b) Versuche 1 - 3 (Öl 2014)

Das Öl 2014 behielt seine volle Schmierfähigkeit nach 60 Min. bzw. 180 Min. Begasung mit Äthylenoxyd.
Die Temperaturunterschiede bei begastem und nicht begastem Öl sind sowohl bei normaltourigem als auch bei hochtourigem Lauf der Handstücke geringfügig.
Auftretende Temperaturdifferenzen sind wahrscheinlich durch den apparativen Versuchsaufbau bedingt.
Auch die Schwankungen der Raumtemperatur, die ca. 1,5 °C betragen, sind zu berücksichtigen.
Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, daß sich die Temperaturen von begastem KaVo-Öl 2014 annähernd gleich verhalten wie die von nicht begastem Öl.
Daraus ist zu folgern, daß die physikalischen Eigenschaften dieses Öles auch bei Einwirkung von Äthylenoxyd erhalten bleiben.

x) Unter "hochtourig" werden Geschwindigkeiten von 12 000 - 40 000 U/min. verstanden (E i c h n e r (6))

Tabelle 3

Temperaturen von begastem und nicht mit Äthylenoxyd begastem KaVo - Öl 2014 bei normal- und hochtourigem Lauf der Handstücke. (6 000 bzw. 14 000 - 15 000 U/min.)

Laufgeschwindigkeit	Behandlung des Öls	Temperaturen in °C nach Meßzeiten in Minuten							
		0'	5'	10'	15'	20'	30'	45'	60'
normaltourig	60' begast	21,5	28,5	30,0	35,3	35,6	35,8	36,4	36,8
hochtourig	60' begast	21,2	60,0	63,0	68,2	71,2	74,0		
normaltourig	180' begast	21,2	28,4	30,1	35,3	35,5	35,8	36,2	36,8
hochtourig	180' begast	21,9	60,2	62,8	68,1	71,0	74,0		
normaltourig	nicht begast	21,6	29,1	30,1	35,0	35,2	35,4	36,2	36,9
hochtourig	nicht begast	21,8	60,0	64,1	69,5	71,1	73,9		

c) Versuche 4 - 11 (High-Speed-Imperatoröl und KaVo - Tauchöl 2132)

Bei dem High-Speed-Imperatoröl traten unterschiedliche Meßergebnisse auf. Zwar waren die Unterschiede zwischen nicht begastem und begastem Öl geringfügig, es darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß nach 5 Min. Laufzeit im normaltourigen Bereich ein Unterschied von 2,2°C auftrat, daß aber in der folgenden Laufzeit die Temperaturen von begastem Öl annähernd gleich blieben. Es konnte die Frage nicht geklärt werden, warum nach einer Laufzeit von 5 Min. ein Temperaturunterschied von durchschnittlich 2,2°C auftrat, da nach 10 bis 60 Min. der Temperaturunterschied

nicht mehr vorhanden war. Es ist anzunehmen, daß eine erhöhte Temperatur vorhanden sein muß, damit die Schmierfähigkeit des Öles voll wirksam werden kann.
Aus den Versuchsergebnissen ist ersichtlich, daß die Schmierfähigkeit des sterilisierten High-Speed-Imperator-Öles bei normaltourigem Lauf gegenüber nicht begastem Öl nicht verringert wurde.
Aus Tabelle 4 sind die Gegenüberstellungen ersichtlich. Auch bei dem ebenfalls von der Fa. Kaltenbach und Voigt hergestellten Tauchöl 2132 konnte bei normaltourigem Lauf kein Unterschied zwischen begastem und nicht begastem Öl festgestellt werden. Die Temperaturdifferenzen waren so geringfügig, daß daraus eine Abnahme der Schmierfähigkeit des Öles nicht abzuleiten war.
Vergleiche Tabelle 5

(d) Versuche 12 - 23 (Prüfung bei hochtourigem Lauf)

In den Versuchen 12 - 23 sind die schon genannten Öle unter gleichen Versuchsbedingungen bei hochtourig laufendem Handstück (14 000 - 15 000 U/min.) geprüft worden. Auch hier konnte kein Beweis erbracht werden, daß die Schmierfähigkeit der Öle KaVo 2014 und KaVo 2132 durch das Begasen mit Äthylenoxyd gemindert wurde. Im Gegensatz zu den vorher angeführten Ölen sind Temperaturunterschiede bei High-Speed-Imperatoröl zu verzeichnen. Bei hochtourig laufendem Handstück liegen die Temperaturwerte bei begastem Öl um ca. 10°C höher als bei nicht begastem Öl, wobei es gleichgültig ist, ob das Öl 60 oder 180 Min. dem Einfluß des Äthylenoxyds ausgesetzt war. (Tabelle 3,4 u.5)

Tabelle 4

Temperaturen von begastem und nicht mit Äthylenoxyd begastem D & Z High-Speed-Imperatoröl bei normal-und hochtourigem Lauf der Handstücke. (6 000 bzw. 14 000-15000 U/min.)

Laufgeschwindigkeit	Behandlung des Öls	Temperaturen in °C nach Meßzeiten in Minuten							
		0'	5'	10'	15'	20'	30'	45'	60'
normaltourig	60' begast	21,6	26,7	32,4	37,6	38,0	38,5	40,2	40,5
hochtourig	60' begast	21,0	70,0	83,0	85,0	88,2			
normaltourig	180' begast	21,3	26,5	32,5	37,9	38,1	38,5	40,2	40,6
hochtourig	180' begast	21,2	71,1	82,8	84,9	88,0			
normaltourig	nicht begast	20,8	24,2	33,4	37,3	38,1	38,4	39,2	39,6
hochtourig	nicht begast	21,0	60,0	69,0	74,0	76,0			

Äthylenoxyd übt also offenbar einen Einfluß auf die Schmierfähigkeit dieses Öles aus. Festzustellen ist weiter, daß die Versuche im Hochtourenbereich bei 30 Min. abgebrochen wurden, da mit einem erheblichen Anstieg der Temperatur bei Zeiten über 30 Min. gerechnet werden mußte.

Da die Versuche bei hängendem Handstück durchgeführt wurden, war zu erwarten, daß das Öl mit steigender Temperatur dünnflüssiger würde, aus den Lagerspalten abfließen würde und damit eine ausreichende Schmierung nicht gewährleistet sei.

Tabelle 5

Temperaturen von begastem und nicht mit Äthylenoxyd begastem KaVo - Tauchöl 2132 bei normal- und hochtourigem Lauf der Handstücke.(6 000 bzw.14 000-15 000 U/min.)

Laufgeschwindigkeit	Behandlung des Öls	Temperaturen in °C nach Meßzeiten in Minuten							
		0'	5'	10'	15'	20'	30'	45'	60'
normaltourig	60' begast	20,8	25,3	29,4	35,6	35,8	36,7	37,0	36,5
hochtourig	60' begast	21,6	56,0	69,0	78,1	80,2			
normaltourig	180' begast	21,2	25,0	29,5	35,6	35,9	36,7	37,1	36,8
hochtourig	180' begast	21,4	55,5	69,1	78,1	80,0			
normaltourig	nicht begast	21,0	25,8	30,0	34,9	35,9	36,1	37,0	36,1
hochtourig	nicht begast	21,4	37,0	70,0	76,2	79,0			

III. Orientierende Versuche zur klinischen Erprobung von Hand- und Winkelstücken, die mit ÄO sterilisiert worden waren.

1. Durchführung der Versuche.

Um in Erfahrung zu bringen, ob mit geölten Hand- bzw. Winkelstücken nach mehrmaliger Sterilisation mit Äthylenoxyd ein einwandfreies Arbeiten im klinischen Betrieb gewährleistet ist, wurden die Ölstellen fabrikneuer Hand- und Winkelstücke laut Pflegeanleitung mit KaVo - Öl 2014 behandelt und in den klinischen Gebrauch genommen. Um für alle Versuche gleiche Voraussetzungen zu schaffen, wurden bei Behandlung eines Patienten 2 Instrumente verwendet. Nach jeder Behandlung wurden beide Instrumente äußerlich mit 70%igem Äthylalkohol abgerieben und alle Ölstellen ordnungsgemäß mit Öl versehen. Nach Entfernung der Schutzhülsen wurden die Hand- und Winkelstücke in Polyamid-Folien eingeschweißt und sterilisiert. Die Sterilisation erfolgte entweder im Gassterilisator der Fa. Hartmann oder im Sterivitgerät.
Die Sterilisationszeit betrug bei dem Hartmanngerät 90 Minuten, bei dem Sterivit-Gerät 60 Minuten.
Nach erfolgter Sterilisation wurde das Instrument (A), ohne erneut geölt zu werden, wieder in klinischen Gebrauch genommen. Das andere Instrument (B) wurde in Nährbouillon für 48 Stunden bei 37°C bebrütet.

2. Ergebnisse.

Bei 30 Versuchen dieser Anordnung, wie sie unter 1. beschrieben wurden, konnte kein einziges Mal Unsterilität der Hand- bzw. Winkelstücke festgestellt werden.
Beanstandungen von seiten der Benutzer wurden nicht geäußert.
Da für die Versuche stets die gleichen Instrumente verwendet wurden, (immer wurden die mit B gekennzeichneten

Instrumente in Nährbouillon gegeben) konnte bald festgestellt werden, daß Korrosionserscheinungen an den mit B markierten Instrumenten auftraten, die auf den Einfluß der Nährbouillon zurückzuführen sein mußten, da keinerlei Veränderungen an den mit A gekennzeichneten Hand- bzw. Winkelstücken, die nicht mit Nährbouillon in Berührung kamen, auftraten.

Materialkundliche Untersuchungen, die in dem Herstellerwerk der Hand- und Winkelstücke durchgeführt wurden, bestätigten, daß die Korrosionserscheinungen an den mit B bezeichneten Instrumenten durch Rostbildung, entstanden durch das Eintauchen der Instrumente in Nährbouillon, hervorgerufen wurden. Gleichzeitig konnten aber keinerlei Materialschäden an den Instrumenten festgestellt werden, die auf den Einfluß des Äthylenoxyds zurückzuführen gewesen wären.[x)]

x) (Schriftliche Mitteilung der Firma Kaltenbach und Voigt, Biberach/Riss)

IV. Sterilitätsprüfungen bei Hand- und Winkelstücken nach Äthylenoxydsterilisation.

1. Durchführung der Versuche.

Hauptsächlich im Bereich der Gleit- bzw. Kugellager der Hand- und Winkelstücke ist die Möglichkeit gegeben, daß Keime, in Öl und Speichel eingefilmt, in den nur wenige μ breiten Lagerspalten nicht vom Äthylenoxyd erreicht werden.
Bei unsachgemäßer Pflege der Instrumente kann es im Bereich der Lager zu Krustenbildungen, bestehend aus Speichel, Blut und Öl, kommen.
In den Krusten verborgene Keime werden unter Umständen vom Gas nicht abgetötet. Um herauszufinden, ob das Gas in die Lagerspalten eindringen kann, wurden die Lager der zu untersuchenden Hand- bzw. Winkelstücke künstlich mit Testkeimen in folgender Weise infiziert.

a) Infektion nicht geölter Lager,
b) Infektion nicht geölter Lager mit anschließendem Ölen.
c) Behandlung und Infektion nicht geölter Lager mit einem Gemisch aus Speichel, Serum, Öl und Testbakterien.
d) Behandlung und Infektion der nicht geölten Lager mit einem Gemisch aus Speichel, Schafblut und Öl.
e) Infektion von 1 cm^2 großen Leinenläppchen mit Testbakterien und Deponierung dieser an den Lagerspalten.

Die so künstlich infizierten Instrumente wurden entweder "in toto" oder zerlegt in Polyamid-Folien eingeschweißt und in die beiden Äthylenoxydsterilisatoren eingelegt.
Die Sterilisationsversuche wurden in folgender Weise durchgeführt:

(1) Hand- und Winkelstücke wurden mit Tetrachlorkohlenstoff und Xylol gesäubert und anschließend im Autoklaven sterilisiert. Obwohl durch die Sterilisation im Autoklaven die Mechanik der Instrumente stark geschädigt wurde, konnten die Hand- und Winkelstücke für die bakteriologischen Untersuchungen ohne weiteres verwendet werden.

Künstlich infiziert wurden bei den Handstücken das untere Gleitlager, bei den Winkelstücken das Tellertriebrad im Winkelkopf, mit 24 - 48 stündigen Agarkulturen von Staphylococcus aureus (SG 511,Berlin), Pseudomonas aeruginosa und Escherichia coli.
Nach der Infektion wurden die Schutzhülsen über die Handstücke geschraubt und die Winkelstücke zusammengesetzt. Die infizierten Stellen wurden nicht geölt. 50% der so vorbehandelten Instrumente wurden im Sterivit-Gerät und die anderen 50% im Hartmann-Gerät sterilisiert. Die folgende Tabelle gibt die technischen Daten zur Durchführung der Sterilisation wieder.

Sterilisator	Temperatur	Zeit in min.	Druck in der Kammer	Vorvakuum	rel. Feuchte	ÄO-Konzentration
Sterivit	55° C	60	5,5 atü	---	65-80 %	15 %
Hartmann Sterilisator	60° C	90	2,5atü	3 x	65 %	10 %

Technische Daten zur Durchführung der Sterilisation

Nach der ÄO-Sterilisation wurden die Hand- und Winkelstücke unter Vermeidung sekundärer Infektionen in ca. 30 ml Nährbouillon enthaltende Reagenzgläser eingetaucht und für 3 - 5 Tage bei 37°C bebrütet. (Abb.15)
Danach wurde mit 1 ml der bebrüteten Bouillon eine Subkultur auf Agarplatten bzw. Kochblutagar angelegt.
(Ergebnisse Tabelle: 6)

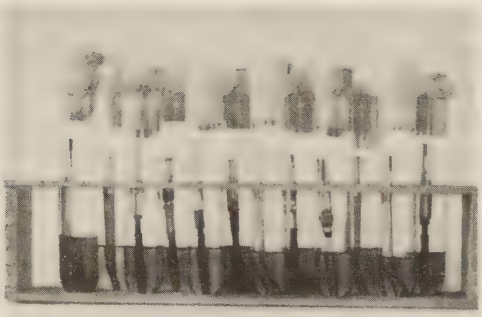


Abb.15
Hand- und Winkelstücke in mit Nährbouillon gefüllten Reagenzgläsern zur Überprüfung der Sterilität.

(2) Die Hand- bzw. Winkelstücke wurden mechanisch gesäubert, im Autoklaven sterilisiert und an den gleichen Stellen, wie in Versuch 1 (Abb.2,3 u.5) mit Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Proteus OX 19, Proteus HX 19 künstlich infiziert. (24 stündige Agarkulturen.) Bei einem Teil der Testobjekte wurde die Infektionsstelle mit Öl versehen, so daß die aufgetragenen Keime vollständig mit einem Ölfilm umgeben waren.
Nach dem Zusammensetzen kamen die Hand- und Winkelstücke in die bereits beschriebenen Polyamid-Folienbeutel, die durch Schweißnaht verschlossen wurden. Hierauf folgte die Sterilisation mit ÄO in üblicher Weise. Die weitere Bearbeitung entsprach dem unter (1) beschriebenen Verfahren.

(3) Zum Unterschied zu (2) wurden nach der Infektion der Hand- und Winkelstücke lediglich die Schutzhülse der Handstücke nicht übergedeckt und die Köpfe von den Winkelstücken nicht entfernt. Außerdem entfiel Proteus OX 19 als Testbakterium. Im übrigen wurden gleiche Methoden und Verfahren wie bei (1) und (2) ange-

wendet.

(4) Hier wurden die Testbakterien (wie bei (3)) an den Infektionsstellen mit einem Speichel-Blut-Öl-Gemisch (1+1+1) überdeckt.
Bei einem Teil der Instrumente wurden wiederum nach der Infektion die Schutzhülsen der Handstücke bzw. die Winkelköpfe der Winkelstücke aufgesteckt.
Weitere Bearbeitung nach der Methode wie unter 1 - 3 beschrieben. (Ergebnisse siehe Tabelle 9 a und b)

(5) Dieser Versuch wurde unter gleichen Bedingungen wie Versuch 4 durchgeführt, nur daß bei einem Teil der Testobjekte die Keime mit dem aufgetragenen Speichel-Blut-Öl-Gemisch vor der Sterilisation bei einer Temperatur von 37°C im Brutschrank getrocknet wurden.
Die Prüfung auf Sterilität erfolgte wie bereits beschrieben. (Ergebnisse siehe Tabelle 9 a und b)

(6 u.7) Versuche mit hochthermoresistenter Sporenerde "Berlin".
Die Hand- und Winkelstücke wurden wie bei vorhergegangenen Versuchen in üblicher Weise sterilisiert und dann mit einem Gemisch bestehend aus 3g hochresistenter Sporenerde, 10 ml menschl. Vollblut, 10 ml filtrierten menschl. Speichel und 5 ml KaVo 2014 infiziert, indem die Laufbuchsen für die Bohrer mit dem Sporenerdebrei bestrichen wurden. (Siehe Abb.3)
Da der Sporenerdebrei an den Gleitlagern der Handstücke nicht haftet, wurden 1 cm^2 große Batistläppchen in dem Brei geknetet, 3 Stunden darin belassen und anschließend auf die Gleitlager der Handstücke gelegt und nochmals mit dem Gemisch beschichtet.
Da die Batistläppchen stärker waren als der Lagerspalt der Handstücke, konnten die Schutzhülsen nicht aufgeschraubt werden. Aus diesem Grunde wurden die Hülsen so weit wie möglich übergesteckt.
Bei einem Teil der Winkelstücke wurden die Köpfe

von den Grundkörpern getrennt und sterilisiert.

Der Versuch 7 wurde unter sonst gleichen Bedingungen durchgeführt wie Versuch 6, jedoch wurden bei einem Teil der Hand- und Winkelstücke die Keime zunächst 48 Stunden lang bei 37°C angetrocknet, bevor die Sterilisation mit Äthylenoxyd erfolgte. Die Instrumente wurden nach der Sterilisation in normale Nährbouillon zur aeroben Züchtung gestellt und bebrütet. Bei einer Wiederholung der Versuche 6 und 7 wurden die Instrumente in Leberbouillon zur Anaerobierzüchtung gegeben. Die Bebrütung bei 37°C dauerte 3 Wochen. Von allen getrübten Bouillonröhrchen wurden aerobe und anaerobe (Fortner-Platten) Subkulturen angelegt. (Ergebnisse siehe Tabelle 10)

(8) Versuche mit Mycobacterium phlei.
1 cm^2 große Batistläppchen wurden mit Material einer 6 Tage alten bebrüteten Kultur von Mycobacterium phlei infiziert, indem Stoffstückchen und Keime im Mörser kräftig geknetet wurden. Die so infizierten Läppchen wurden auf die Gleitlager der Handstücke gelegt oder gerollt und in die Laufbuchsen der Winkelstücke eingebracht. Die Instrumente wurden nach der Infektion nicht geölt, in Polyamid-Folien eingeschweißt und sterilisiert. Hiernach wurden die Keimträger auf Eiröhrchen nach Hohn gebracht und 8 Wochen bei 37°C bebrütet. (Ergebnisse siehe Tabelle 11)

(9) Der Aufbau dieser Versuchsreihe war der gleiche, wie bereits bei 3 beschrieben worden ist, mit dem Unterschied, daß die infizierten Läppchen, nach dem Einbringen in die Instrumente, mit Öl überzogen wurden. (Ergebnisse siehe Tabelle 11)

(10) **Versuche mit Mycobacterium tuberculosis.**
1 cm^2 große Batistläppchen wurden in frisches, Tb-bakterienhaltiges Sputum von einem nicht behandelten Patienten gelegt, gut darin durchgeknetet, anschließend bei $4^{\circ}C$ für 24 Stunden im Kühlschrank belassen, danach 24 Stunden im Exsikkator getrocknet und schließlich bei den Handstücken auf die Gleitlager gelegt und nach Rollen bei den Winkelstücken in die Laufbuchse der Winkelköpfe eingebracht. Nach der Sterilisation wurde ein Teil der Keimträger in die Bauchhöhle von Meerschweinchen eingelegt, der andere Teil auf Eiröhrchen nach H o h n zum Bebrüten im Brutschrank bei $37^{\circ}C$ eingebracht. Zur Kontrolle wurden unter gleichen Bedingungen mit nicht sterilisierten, infizierten Läppchen Meerschweinchen infiziert. (Ergebnisse siehe Tabelle 12)

2. Ergebnisse.

Versuchsreihe 1
Es konnte nachgewiesen werden, daß Staphylococcus aureus, pseudomonas aeruginosa und Escherichia coli, wenn sie nicht in Öl eingefilmt sind, an Handstücken mit übergesteckter Hülse oder Winkelstücken mit aufgestecktem Winkelkopf durch Äthylenoxyd in beiden Geräten abgetötet werden.
Die Sterilisationszeiten des Sterivit-Gerätes waren auf 60 Min., die des Hartmann-Gerätes auf 90 Min. eingestellt.

Aus Tabelle 6 ist zu ersehen, daß alle infizierten Testinstrumente nach Einwirkung von Äthylenoxyd steril waren.

Versuchsreihe 2
Alle mit Staphylococcus aureus infizierten Instrumente waren nach der Sterilisation frei von lebenden Bakterien. Dabei war es gleichgültig, ob die Keime nach der Infektion in Öl eingebettet worden waren oder nicht.
Andere Ergebnisse zeigte der Versuch mit Escherichia coli. Hier konnte festgestellt werden, daß bei überge-

Tabelle 6

Sterilitätsprüfungen der mit verschiedenen Testkeimen infizierten Hand- und Winkelstücke nach ÄO-Begasung.

Testkeim	Begasungs-gerät	Begastes Gut und Zahl	Ergebnis
Staphylococcus aureus	Fa. Hartmann	8 Handstücke	steril!
	Fa. Sterivit	12 Handstücke	steril!
	Fa. Hartmann	11 Winkelstücke	steril!
	Fa. Sterivit	10 Winkelstücke	steril!
Pseudomonas aeruginosa	Fa. Hartmann	14 Handstücke	steril!
	Fa. Sterivit	10 Handstücke	steril!
	Fa. Hartmann	10 Winkelstücke	steril!
	Fa. Sterivit	10 Winkelstücke	steril!
Escherichia coli	Fa. Hartmann	14 Handstücke	steril!
	Fa. Sterivit	12 Handstücke	steril!
	Fa. Hartmann	11 Winkelstücke	steril!
	Fa. Sterivit	10 Winkelstücke	steril!

steckten Handstückschutzhülsen bzw. aufgesetzten Winkelköpfen mit Öl überschichtete Keime in den Lagerspalten nicht abgetötet wurden. Es zeigte sich ferner, daß Unsterilität sowohl beim Sterivit-Gerät als auch bei dem Hartmann-Gerät auftrat.
Nicht vom Öl eingeschlossene Keime wurden dagegen in beiden Geräten vollständig abgetötet. Dieses stimmt mit den Ergebnissen der Versuchsreihe 1 überein, bei der Escherichia coli bei nicht geölten Instrumenten ebenfalls nach Äthylenoxyd-Sterilisation abgetötet waren.
Auch Pseudomonas aeruginosa wurde bei gleichem Versuchsaufbau im Hartmann-Sterilisator nicht mit Sicherheit abgetötet. Wiederum waren es auch die mit Öl überschichteten Keime, die nach Begasung vermehrungsfähig waren. Im Sterivit-Gerät war nach Begasung mit ÄO jedoch kein Wachstum von Pseudomonas aeruginosa festzustellen, gleichgültig, ob der Keim in Öl eingebettet war oder nicht.
Proteus HX 19 zeigte annähernd gleiche Ergebnisse, wie sie mit Escherichia coli erhalten wurden. Der Keim konnte weder im Hartmann- noch im Sterivit-Gerät sicher abgetötet werden.
Hierbei waren aber auch die nicht mit Öl überzogenen Keime vom ÄO unbeeinflußt geblieben. Aus diesen Versuchsergebnissen könnte eine höhere ÄO-Resistenz von Proteus HX 19 gefolgert werden. Mit Proteus OX 19 infizierte Instrumente zeigten nach der Sterilisation kein Bakterienwachstum. Allerdings zeigten einige unbegaste Kontrollen ebenfalls kein Wachstum.

Versuchsreihe 3
Da die Versuchsreihe 2 ergeben hat, daß die geölten und mit Schutzhülsen versehenen Instrumente nicht sicher entkeimt werden können, wurden bei folgend genannten Versuchen die Schutzhülsen vor der Sterilisation entfernt.

Alle Instrumente, die vorher nicht mit Sicherheit entkeimt werden konnten, wurden unter diesen Voraussetzungen steril, das betraf sowohl die geölten als auch die nicht

Tabelle 7
Sterilitätsprüfungen der mit verschiedenen Testbakterien infizierten Hand- und Winkelstücke nach AO-Begasung.

Testkeim	Begasungs-gerät	Begasungs-gut (jeweils 10)	Zahl der jeweils von 5 Instrumenten „unsteril" gebliebenen Proben	
			Keime in Öl eingehüllt	Keime nicht in Öl eingehüllt
Staphylococcus aureus	Fa. Hartmann	Hand-,	0	0
		Winkelstück	0	0
	Fa. Sterivit	Hand-,	0	0
		Winkelstück	0	0
Escherichia coli	Fa. Hartmann	Hand-,	1	0
		Winkelstück	1	0
	Fa. Sterivit	Hand-,	2	0
		Winkelstück	2	0
Pseudomonas aeruginosa	Fa. Hartmann	Hand-,	2	0
		Winkelstück	2	0
	Fa. Sterivit	Hand-,	0	0
		Winkelstück	0	0
Proteus HX 19	Fa. Hartmann	Hand-,	3	1
		Winkelstück	0	0
	Fa. Sterivit	Hand-,	1	1
		Winkelstück	1	1
Proteus OX 19	Fa. Hartmann	Hand-,	0	0
		Winkelstück	0	0
	Fa. Sterivit	Hand-,	0	0
		Winkelstück	0	0

geölten Hand- bzw. Winkelstücke. (Siehe hierzu Tabelle 8)

Versuchsreihe 4 und 5
Bakterien, die sich in einem Blut-Speichel-Öl-Gemisch in den Lagern der Instrumente mit aufgesteckten Schutzhülsen befinden, wurden durch Äthylenoxyd-Sterilisationen in den beiden Sterilisationsgeräten nicht sicher entkeimt. (Siehe Tabelle 9 a und b)
Sind die Schutzhülsen hingegen entfernt, so werden die in einem Blut-Speichel-Öl-Gemisch eingeschlossenen Keime durch die Äthylenoxydbegasung sicher abgetötet.
Um die Bedingungen zu erschweren, wurde in der Versuchsreihe 5 das Gemisch von Speichel-Blut-Öl und Keimen an den Hand- bzw. Winkelstücken angetrocknet, bevor die Instrumente in Folien-Beutel eingeschweißt wurden,und dann erst sterilisiert.
Es zeigte sich, daß sowohl angetrocknete als auch nicht angetrocknete Keime bei übergesteckten Schutzhülsen nicht vernichtet werden.
Ohne Schutzhülsen sterilisierte Instrumente hingegen zeigten nach der Sterilisation wiederum kein Bakterienwachstum, wobei es gleichgültig war, ob das Gemisch aus Speichel-Blut-Öl und Keimen angetrocknet war oder nicht.

Versuchsreihe 6 und 7
Ein Gemisch aus Blut-Speichel-Öl und Sporenerde wurde nicht sicher entkeimt, wenn das Gemisch vor der Sterilisation künstlich angetrocknet worden war. Auch Instrumente ohne Schutzhülsen unter sonst gleichen Bedingungen waren durch Begasung nicht keimfrei zu machen.
Anders verhielt es sich mit dem Gemisch aus Sporenerde-Öl-Speichel und Blut, das in feuchtem Zustand der Begasung durch ÄO ausgesetzt worden war. (Die Schutzhülsen der Hand- bzw. Winkelstücke waren vorher abgenommen worden) Hier gelang es in jedem Fall, die Sporenerde zu sterilisieren. Wurden bei diesem Infektionsmodus die Hand- und Winkelstücke mit Schutzhülsen versehen, so konnte eine Keimfreiheit nicht immer erreicht werden. (Siehe hier-

zu Tabelle 10)

Versuchsreihe 8 und 9
Überraschend waren die Ergebnisse bei Sterilisationsversuchen mit Mycobacterium phlei. Die als säurefest bekannten Stäbchen konnten in jedem Falle abgetötet werden, auch wenn die Schutzhülsen über die Instrumente gestreift oder aber die infizierten Batistläppchen vollständig mit Öl bedeckt waren. Sogar wenn geölte, infizierte Läppchen auf die Gleitlager gelegt und zusätzlich die Schutzhülsen der Testinstrumente aufgesteckt wurden, zeigte sich nach der Begasung im Hartmanngerät oder im Sterivitgerät kein Wachstum. (Siehe hierzu Tabelle 11)
Offenbar ist Mycobacterium phlei gegenüber Äthylenoxyd empfindlicher als die voraus getesteten Bakterienarten. Doch es wird weiterer Versuche bedürfen, um dieses Ergebnis zu erhärten.
An dieser Stelle muß darauf hingewiesen werden, daß Mycobacterium phlei bei den vorliegenden Untersuchungen nur zur Ergänzung der Versuchsreihe mit hochinfektiösem Tb-Sputum verwendet wurde; es sollte lediglich festgestellt werden, ob ÄO die Fähigkeit besitzt, säurefeste Stäbchen abzutöten.

Versuchsreihe 10
Es konnte durch diese Reihe gezeigt werden, daß es möglich ist, mit Tb-Bakterien infizierte Hand- und Winkelstücke sicher zu entkeimen.
11 Meerschweinchen, denen infizierte und anschließend mit Äthylenoxyd behandelte Stoffstückchen in die Bauchhöhle gelegt worden waren, zeigten nach 3 Monaten weder an Lymphknoten noch an Milz, Leber oder Lunge tuberkulöse Veränderungen. 4 Kontrolltiere waren positiv.
Auch die auf 12 "Hohn"-Substrate kultivierten Keimträger ließen nach mehr als 4 - wöchiger Bebrütung kein Tb-Bakterienwachstum erkennen. Alle Kontrollröhrchen zeigten Wachstum von Mycobacterium tuberculosis. (Siehe hierzu Tabelle 12)

Tabelle 8

Sterilitätsprüfungen der mit verschiedenen Testkeimen infizierten Hand- und Winkelstücke nach ÄO-Begasung.

Testkeim	Begasungs-gerät	Begasungs-gut jeweils:	Zahl der " unsteril " gebliebenen Proben.	
			Keime in Öl eingehüllt	Keime nicht in Öl eingehüllt
Staphylococcus aureus	Fa. Hartmann	10 Handstücke	0	0
		10 Winkel-stücke	0	0
	Fa. Sterivit	10 Handstücke	0	0
		10 Winkel-stücke	0	0
Escherichia coli	Fa. Hartmann	12 Handstücke	0	0
		10 Winkel-stücke	0	0
	Fa. Sterivit	12 Handstücke	0	0
		12 Winkel-stücke	0	0
Pseudomonas aeruginosa	Fa. Hartmann	10 Handstücke	0	0
		14 Winkel-stücke	0	0
	Fa. Sterivit	12 Handstücke	0	0
		10 Winkel-stücke	0	0
Proteus HX 19	Fa. Hartmann	11 Handstücke	0	0
		10 Winkel-stücke	0	0
	Fa. Sterivit	12 Handstücke	0	0
		10 Winkel-stücke	0	0

Tabelle 9 a

Sterilitätsprüfungen der mit verschiedenen Testkeimen infizierten Hand- und Winkelstücke nach ÄO-Begasung.

			Zahl der " unsteril " gebliebenen Instrumente.			
Testkeim	Begasungsgerät	Begasungsgut jeweils:	Mit Hülse, angetrocknete Keime	Mit Hülse, nicht angetrocknete Keime	Ohne Hülse, angetrocknete Keime	Ohne Hülse, nicht angetrocknete Keime
Staphylococcus aureus	Fa. Hartmann	10 Handstücke	1	0	0	0
		12 Winkelstücke	2	1	0	0
	Fa. Sterivit	12 Handstücke	1	1	0	0
		12 Winkelstücke	2	0	0	0
Escherichia coli	Fa. Hartmann	10 Handstücke	0	0	0	0
		10 Winkelstücke	1	0	0	0
	Fa. Sterivit	10 Handstücke	1	0	0	0
		10 Winkelstücke	2	1	0	0

Tabelle 9 b

Sterilitätsprüfungen der mit verschiedenen Testkeimen infizierten Hand- und Winkelstücke nach ÄO-Begasung.

			Zahl der " unsteril " gebliebenen Instrumente.			
Testkeim	Begasungs gerät	Begastes Gut jeweils:	Mit Hülse, angetrocknete Keime	Mit Hülse, nicht angetrocknete Keime	Ohne Hülse, angetrocknete Keime	Ohne Hülse, nicht angetrocknete Keime
Pseudomonas aeruginosa	Fa. Hartmann	10 Handstücke	3	0	0	0
		12 Winkelstücke	2	1	0	0
	Fa. Sterivit	12 Handstücke	2	0	0	0
		12 Winkelstücke	2	0	0	0
Proteus HX 19	Fa. Hartmann	12 Handstücke	1	1	0	0
		12 Winkelstücke	2	0	0	0
	Fa. Sterivit	10 Handstücke	2	1	0	0
		12 Winkelstücke	1	1	0	0

Tabelle 10

Sterilitätsprüfungen der mit einem Gemisch aus hochthermoresistenter Sporenerde, Blut, Öl und Speichel infizierten Hand- und Winkelstücke nach ÄO-Begasung.

			Zahl der " unsteril " gebliebenen Instrumente.			
Testkeim	Begasungsgerät	Begastes Gut jeweils:	Mit Hülse, angetrocknete Keime	Mit Hülse, nicht angetrocknete Keime	Ohne Hülse, angetrocknete Keime	Ohne Hülse, nicht angetrocknete Keime
Gemisch aus hochthermoresistenter Sporenerde Blut, Öl und Speichel.	Fa. Hartmann	25 Handstücke	4	1	2	0
		25 Winkelstücke	0	0	0	0
	Fa. Sterivit	25 Handstücke	2	1	0	0
		25 Winkelstücke	1	0	0	0

Tabelle 11

Sterilitätsprüfungen der mit Mycobacterium phlei infizierten Hand- und Winkelstücke nach AO-Begasung.

			Zahl der " unsteril " gebliebenen Instrumente.			
Testkeim	Begasungsgerät	Begastes Gut jeweils:	Mit Hülse, Keime in Öl eingehüllt.	Mit Hülse, Keime nicht in Öl eingehüllt.	Ohne Hülse, Keime in Öl eingehüllt.	Ohne Hülse, Keime nicht in Öl eingehüllt.
Mycobacterium phlei	Fa. Hartmann	22 Handstücke	0	0	0	0
		29 Winkelstücke	0	0	0	0
	Fa. Sterivit	20 Handstücke	0	0	0	0
		27 Winkelstücke	0	0	0	0

Tabelle 12

Sterilitätsprüfungen der mit Mycobacterium tuberculosis infizierten Hand- und Winkelstücke nach ÄO-Begasung.

Testkeim	Begasungsgerät	Begastes Gut jeweils:	Zahl der " unsteril " gebliebenen Instrumente. Mit Hülse, angetrocknete Keime	Mit Hülse, befeuchtete Keime	Ohne Hülse, angetrocknete Keime	Ohne Hülse, befeuchtete Keime
Mycobacterium tuberculosis	Fa. Hartmann	16 Handstücke	0	0	0	0
		14 Winkelstücke	0	0	0	0
	Fa. Sterivit	16 Handstücke	0	0	0	0
		14 Winkelstücke	0	0	0	0

V. Diskussion der Ergebnisse.

Es war das Ziel der Arbeit, herauszufinden, ob eine Sterilisation zahnärztlicher Hand- und Winkelstücke mit Äthylenoxyd in einer für die Praxis befriedigenden Weise möglich ist. Gleichzeitig sollte geklärt werden, ob zahnärztliche Instrumente als Folge der Begasung einem erhöhten Verschleiß unterliegen.
Möglichkeiten, Hand- und Winkelstücke zu sterilisieren, sind durch Sterilisation mit Heißluft oder gespanntem Dampf gegeben. Es hat sich aber gezeigt, daß diese Sterilisationsverfahren zu einem erhöhten, d.h. vorzeitigen Verschleiß der Instrumente führten. Die Sterilisation mit gespanntem Dampf hat den Nachteil, daß sich Wassertropfen in den Lagern bzw. an Federn, Gelenken und Schrauben niederschlagen und zu Rostbildung führen, wodurch die einwandfreie Funktion der Geräte nicht mehr gewährleistet ist. Ebenfalls kommt es bei der Dampfsterilisation zur Emulsionsbildung aus Wasser und Öl, wodurch die Schmierung der Instrumente stark beeinträchtigt wird. Die Heißluftsterilisation ist für Hand- bzw. Winkelstücke ungeeignet, weil durch die intensive Hitzeeinwirkung Materialschäden im allgemeinen an den einzelnen Teilen, im besonderen aber an den Federn auftreten. Es muß ebenfalls darauf hingewiesen werden, daß bei den Instrumenten verschiedene Materialien verwendet werden, deren Ausdehnungskoeffizient unterschiedlich ist. Die unterschiedliche Ausdehnung der Metalle äußert sich hauptsächlich bei den beweglichen Teilen, so daß es oft zum Verklemmen der einzelnen Teile kommt. Wie bei der Sterilisation mit gespanntem Dampf ist auch bei der Heißluftsterilisation eine einwandfreie Schmierung der Instrumente nicht gewährleistet.
Obwohl von verschiedenen Firmen Öle entwickelt wurden, die Temperaturen von 180°C ohne Schaden vertragen, kommt es doch in der Praxis immer wieder zu Ausfallerscheinungen an den Instrumenten, meistens als Folge ungenügender Schmierung, so daß die Lager warm- und festlaufen. Es war bisher nicht bekannt, ob durch die Sterilisation mit

Äthylenoxyd die Instrumente ebenfalls stark geschädigt werden. Aus den Versuchsergebnissen B II/ 1 und 2 geht hervor, daß Äthylenoxyd auf zwei der drei untersuchten Öle (KaVo 2014 und KaVo 2132) keinen nachteiligen Einfluß ausgeübt hat. Sowohl bei der mechanischen Prüfung als auch im klinischen Betrieb arbeiteten die Instrumente ohne Störungen und Ausfälle.

Gleichzeitig bestätigten die Versuchsergebnisse der mechanischen Prüfung des High-Speed-Imperatoröls die Annahme, daß das reaktionsfreudige Äthylenoxyd die Schmierfähigkeit nachteilig beeinflussen kann.

Hier traten nach Einwirkung des Äthylenoxyds bei hochtourigem Lauf erhöhte Temperaturen am Gleitlager auf. Diese Temperaturzunahme war Folge der durch die Begasung mit ÄO veränderten Schmierfähigkeit des Öls.

Makroskopisch zeigte sich nämlich, daß das klare Öl nach Begasung mit ÄO opak getrübt war, und daß sich auf dem Boden einer Petrischale, in der das Öl begast worden war, ein flockiger Niederschlag absetzte. Diese Tatsache schränkt den Gebrauch der Äthylenoxydsterilisation ein, und es ist angezeigt, vor Gebrauch der Äthylenoxydsterilisation bei Hand- bzw. Winkelstücken den Einfluß des Gases auf die verwendeten Öle genau zu prüfen.

Die bakteriologischen Untersuchungen über die keimtötende Wirkung von Äthylenoxyd, geprüft am Modell der Hand- und Winkelstücke, ergab, daß Staph. aureus, E. coli und Ps. aeruginosa, wenn sie nicht in Öl eingefilmt sind, durch die Begasung mit Äthylenoxyd abgetötet werden, sofern die Schutzhülsen der Instrumente abgenommen werden. Staph. aureus wurde sogar nach Suspendierung in Öl und trotz aufgesteckter Schutzhülsen sicher abgetötet. Die Ergebnisse von B e r g e r , S c h m i d t und D o b b e r s t e i n (2) und K a e m m e r e r (23), die besagen, daß die ÄO-Resistenz von Staph. aureus höher sei als die anderer Keime, konnte bei eigenen Untersuchungen nicht bestätigt werden, der Keim erwies sich nicht als ÄO-resistenter als andere Testbakterien. Andererseits mußte festgestellt werden, daß bei übergesteckten Schutzhülsen in Öl suspendierte

Keime von E. coli nicht sicher vernichtet werden.

Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen von B e r g e r, S c h m i d t und D o b b e r s t e i n (2), die eine erhöhte ÄO-Resistenz von E. coli beschrieben. Auf Grund eigener Untersuchungen kann angenommen werden, daß die Äthylenoxydresistenz von Bakterien unterschiedlich ist, und daß die ÄO-Resistenz nicht mit der Hitzeresistenz der Keime zu vergleichen ist.
Es muß daher auf die Sterilisationserfolge bei säurefesten Stäbchen aufmerksam gemacht werden, bei denen nach ÄO-Begasung in jedem Fall Keimfreiheit erzielt werden konnte. (Vergl. hierzu II/3. Versuchsreihe 8 u.10)
Im Exsikkator getrocknete Sporenerde des Instituts für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der FU Berlin konnte unter den angegebenen Bedingungen nicht entkeimt werden. Anders verhielt es sich mit Sporenerde, die in feuchtem Zustand der Begasung durch Äthylenoxyd ausgesetzt worden war, wenn die Schutzhülsen vor der Sterilisation abgenommen worden waren. Hier gelang es in jedem Fall, die Sporenerde zu entkeimen.
Diese Ergebnisse stimmen mit der Feststellung von G e w a l t und F i s c h e r (11), B r u h i n , L a m m e r s , B ü h l m a n n und G e w a l t (32) überein, die ebenfalls feuchte Sporenerde sicher entkeimen konnten.
B e r g e r , S c h m i d t und D o b b e r s t e i n (2) hingegen konnten in einem Gerät des Baujahres 1960 auch feuchte Sporenerde nicht in jedem Falle entkeimen.
Im Jahre 1964 gelang B. S c h m i d t (mündliche Mitteilung) in einem "Sterivit-Gerät, Type 501 V" die Abtötung von Tetanussporen. Er benutzte für seine Versuche Gummikatheter und zahnärztliche Bohrer als Keimträger, die er mit einer Tetanussporen-Hammelblut-Suspension infizierte, anschließend in Kunststoff-Folien einschweißte und der Begasung mit ÄO aussetzte. Er stellte fest, daß bei einer reinen Sterilisationszeit von 1 Stunde sieben von acht Keimträgern nach der Begasung nicht steril waren, daß

aber nach 1 1/2 stündiger Begasung alle Keime abgetötet waren.

Die von den verschiedenen Autoren erhaltenen unterschiedlichen Versuchsergebnisse scheinen die Untersuchungen von K a y s e r und L i e b e r m e i s t e r (26) zu bestätigen, die feststellten, daß die ÄO-Resistenz verschiedener Sporenerden untereinander stark differiert. Wenn es zutrifft, was K a y s e r und L i e b e r m e i s t e r (26) vermuten, daß die ÄO-Resistenz von Sporenerde durch wasserlösliche Mineralsalze bedingt ist, so können unterschiedliche Sterilisationserfolge bei ein und dergleichen Sporenerde auf den wechselnden Mineralsalzgehalt in der Erde zurückgeführt werden.

Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß unterschiedliche Sterilisationsergebnisse nicht ausschließlich auf die verschiedene ÄO-Resistenz der Keime zurückzuführen sind, auch die Art und Größe der Gassterilisatoren haben Einfluß auf den Sterilisationserfolg. Es ist daher nicht angezeigt, die in dieser Arbeit zu Versuchszwecken herangezogenen Geräte in ihrer Wirkungsweise miteinander zu vergleichen, denn die Dimensionen, (Sterivit-Gerät 10 l, Hartmanngerät 75 l, Kammervolumen) die Arbeitsweise (das Sterivit-Gerät arbeitet im Überdruckverfahren, das Hartmanngerät nach dem Vakuumverfahren) und die unterschiedlichen Sterilisationszeiten lassen einen Vergleich nicht zu.

Wie die Versuchsergebnisse gezeigt haben, kann die Sterilisation zahnärztlichen Instrumentariums (speziell der Hand- und Winkelstücke) mit Äthylenoxyd nicht rückhaltlos als "Mittel der Wahl" angesehen werden, weil es vieler Voraussetzungen bedarf, um Sterilität zu erzielen.

Dem Anwendungsbereich der Äthylenoxydsterilisation sind ebenfalls wie bei anderen Sterilisationsmethoden Grenzen gesetzt, die erkannt werden müssen, um Mißerfolge auszuschließen.

Die Versuche haben gezeigt, daß Hand- und Winkelstücke mit übergesteckter Hülse bzw. aufgesecktem Winkelkopf

nicht sicher entkeimt werden können. Es ist erforderlich, vor jeder ÄO-Begasung die Schutzhülsen der Handstücke und die Winkelköpfe der Winkelstücke zu entfernen. Es muß angenommen werden, daß bei geölten Instrumenten und übergesteckten Schutzhülsen rein mechanisch eine Verlegung des Weges stattfindet, so daß das Gas nicht in die feinen, mit Öl angefüllten Lagerspalten eindringen kann.
Ebenfalls muß darauf hingewiesen werden, daß vor jeder Äthylenoxydsterilisation eine mechanische Säuberung der Instrumente notwendig ist; vorhandene Reste aus einem Gemisch von Speichel, Öl, Blut und Schleifstaub stellen den Sterilisationserfolg in Frage.
Weiterhin ist für ausreichende Befeuchtung der Sterilisationskammer zu sorgen, weil der bakterizide Effekt des Gases nur in Gegenwart von Feuchtigkeit wirksam wird. Auch ist für eine gründliche Überwachung und regelmäßige Überprüfung der Geräte zu sorgen, weil sonst das einwandfreie Arbeiten der Sterilisatoren nicht gewährleistet ist. Die genannten mechanischen, physikalischen und bakteriologischen Fehlerquellen stellen bei der Gassterilisation von Hand- und Winkelstücken Unsicherheitsfaktoren dar, deren Nichtbeachtung zu Mißerfolgen führt.
Nur unter der Bedingung, daß die Unsicherheitsfaktoren ausgeschlossen werden, kann die Gassterilisation für besondere Indiaktionsgebiete, speziell bei der Sterilisation hitzeempfindlicher Materialien, gleichrangig neben den "klassischen Sterilisationsmethoden" bestehen.

C Zusammenfassung.

Es wurde geprüft, ob zahnärztliche Hand- und Winkelstücke mit Äthylenoxyd sicher zu sterilisieren sind, und ob die Instrumente selbst oder die zu ihrer Schmierung notwendigen Öle durch die Äthylenoxydbegasung geschädigt werden.

Mit Hilfe eines Thermoelementes wurde die Reibungswärme an Gleitlagern von Handstücken gemessen, deren Lager mit begasten und nicht begasten Ölen geschmiert worden waren. Aus der Gegenüberstellung der gemessenen Werte konnte geschlossen werden, daß Äthylenoxyd die Schmierfähigkeit von Ölen nachteilig beeinflussen kann. Es konnte weiter festgestellt werden, daß keine Materialschäden durch die Äthylenoxydbegasung an den Instrumenten auftraten und daß die Hand- und Winkelstücke nach Äthylenoxydsterilisation einwandfrei arbeiteten.
Hand- und Winkelstücke können in Kunststoff-Folienbeutel eingeschweißt und anschließend mit Äthylenoxyd sterilisiert werden, nach erfolgter Sterilisation können die Instrumente in diesen Beuteln monatelang steril aufbewahrt werden. Zur Kennzeichnung, ob eine Äthylenoxydbegasung stattgefunden hat, wurde ein Indikatortestband verwendet, das durch Farbumschlag die Einwirkung von Äthylenoxyd auf das Begasungsgut anzeigte.
Die bakteriologischen Untersuchungen ließen erkennen, daß die Äthylenoxydresistenz von Escherichia coli, Proteus HX 19 und trockener Sporenerde offensichtlich höher ist, als von Mycobacterium phlei und Mycobacterium tuberculosis.
Sterilität von Hand- und Winkelstücken ist mit Äthylenoxyd nur zu erreichen, wenn folgende Voraussetzungen genau eingehalten werden:

1. Die Instrumente müssen vor der Begasung gründlich mechanisch gereinigt werden,
2. die zur Schmierung verwendeten Öle dürfen durch die Äthylenoxydbegasung nicht angegriffen werden,
3. die Schutzhülsen der Handstücke sowie die Winkelköpfe der Winkelstücke müssen vor der Begasung entfernt werden,
4. es muß für ausreichende Feuchtigkeit in der Sterilisationskammer gesorgt werden,
5. die Sterilisationszeit ist für die Geräte jeweils durch Versuche zu ermitteln.

D Literaturverzeichnis.

1) Allison,L.E. — Vapor-Phase Sterilization of Soil with Ethylene Oxide Soil.Sci.72,341 (1951)

2) Berger,I.,Schmidt,B.und Dobberstein,H. — Sterilisationsversuche mit Äthylenoxyd Zbl.Bakt.I Orig.185,526 (1962)

3) Berger,U. — Ausgewählte Kapitel der Desinfektion und Sterilisation Dtsch.Zahnärztebl.14,J.389 (1960)

4) Bruhin,H.,Bühlmann,X., Vischer,W.A. und Lammers,Th. — Sterilisation mit Äthylenoxyd unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung bei Kunststoffen Schweiz.Med.Wschr. 91,607 u.635 (1961)

5) Cotton,R.T. and Roark,R.C. — Ethylene Oxide as a Fumigant Industr.Engl.Chem.20,805 (1928)

6) Eichner,K. — Normal, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen,-eine Übersicht über Instrumente wissenschaftliche Untersuchungen und klinische Folgerungen Dtsch.zahnärztl.Zschr.15,57 (1960)

7) Ernst,R.R. and Shull,J.J. — Ethylene Oxide Gaseous Sterilization,I Concentration and Temperature Effects II Influence of Method of Humification Appl.Microbiol.10,337 (1962)

8) Fraenkel-Conrat,H.L. — Action of 1,2-Epoxides on Proteins J.Biol.Chem.154,227 (1944)

9) Freeman, U.A.R. and Barwell,C.F. — Ethylene Oxide Sterilization in Hospital Practice J. Hyg.(Camb.)58,337 (1960)

10) Gasteyer,K. — Kaltsterilisation mit gespanntem Äthylenoxyd in der Urologie Med.Klinik 40,1580 (1964)

11) Gewalt,R. und Fischer,E. — Ein neues Gerät zur Sterilisation mit gespanntem Äthylenoxyd Münch.Med.Wschr.101,563 (1959)

12) Gewalt und Harnisch,H. — Sterilisation zahnärztlicher Instrumente durch Äthylenoxyd Dtsch.Zahnärztl.Zschr. 15,1449 (1960)

13) Griffith,C.L. and Hall,L.A. — Sterilization Process US Patent Nr.2189 347 (1940)

14) Gross,P.M. and Dixon,L.F. — Method of Sterilizing US Patent Nr.2075 845 (1937) Zit.nach 39

15) Fa.Rud.A.Hartmann,Berlin, — Prospektmaterial und mündliche Mitteilungen vom August 1962 und Januar 1964

16) Heicken,K. — Über die Äthylenoxydsterilisation Bundesgesundheitsblatt 5,106 (1962)

17) Heicken,K. und Bellinger,H. — Die Sterilisation von Catgut mit gasförmigem Äthylenoxyd Zbl.Bakt.I Orig.179,113 (1960)

18) Heiss,W. und Schmidt-Mende,M. — Erfahrungen mit einem neuen Kaltsterilisationsgerät Münch.Med.Wschr.104,560 (1962)

19) Herrmann,M. — Über die Güteminderung zahnärztlicher Instrumente beim Sterilisieren Dtsch.Zahnärztl.Zschr.11, 916, (1956)

20) Heyse,W. — Vortrag über Schmierstoffe, die bei der Firma Kaltenbach und Voigt,eingesetzt werden Schriftl.Mitteilungen vom Nov. 1963

21) Hollingworth,R.L, and Rowe,V.K., Oyen, F. and Spencer,H.C. — Toxicity of Ethylene Oxide Determined on Experimental Animals Arch.Indust.Health 13,217 (1956) Zit.nach 17

22) Johnston,C.M. — The Sterilization of Dental Handpieces Brit.Dent.J.110,205 (1961)

23) Kaemmerer,E. — Zur Frage der Sterilisation ärztlicher Instrumente mit Äthylenoxyd Med.Klinik 53,1411 (1958)

24) Kaye.S. — The Sterilizing Action of Gaseous Ethylene Oxide III The Effect of Ethylene Oxide and Related Compounds upon Bacterial Aerosols Amer.J.Hyg.50,289 (1949)

25) Kaye,S. and Phillips,C.R. — The Sterilizing Action of Gaseous Ethylene Oxide IV The Effect of Moisture Amer.J.Hyg.50,296 (1949)

26) Kayser,F.-H. und Liebermeister,K. — Die Brauchbarkeit von Sporenerde zur Prüfung der Wirksamkeit von Äthylenoxydgassterilisatoren Zschr.Hyg.150,222 (1964)

27) Kliewe,H. — Die Kaltsterilisation mit gespanntem Äthylenoxyd Gesundheitswesen und Desinfektion 55,50 (1963)

28) Kliewe,H. und Lammers,Th. — Das Mainzer Sterilisationsverfahren Ärztl.Praxis 49,1857 (1959)

29) Kluczka,J. und Gewalt,R. — Zur Frage der Sterilisation von Hand- und Winkelstücken unter besonderer Berücksichtigung der Turbinenwinkelstücke mittels des Sterivitverfahrens Zahnärztl.Welt.62,610 (1961)

30) Kluczka,J. und Gewalt,R. — Die Bedeutung des Sterivitverfahrens für die Sterilisation in der konservierenden Zahnheilkunde Zahnärztl.Mitt.52,661 (1962)

31) Körnlein,M. und Seibel,M. — Versuche zur Abtötung von Bakterien und Schimmelsporen in Kunststoffbeuteln durch Äthylenoxyd Neue Verpackung 12,716 (1959)

32) Lammers,Th. und Gewalt,R. — Ein neues Sterilisationsverfahren mit gespanntem Äthylenoxyd Zschr.Hyg.114,350 (1958)

33) Liebermeister,K. — Diskussionsbemerkungen zum Thema: Erfahrungen mit der Sterilisierung durch Äthylenoxyd
Thon,D. und Neumann,M.
Zbl.Bakt.I Orig.176,256 (1959)

34) Liebermeister,K. — Die Sterilisation mit Äthylenoxyd-Gas
Dtsch.Med.Wschr.87,552 (1962)

35) Mayr,G. — Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Kaltsterilisation
Zbl.Bakt.I Referate 169,411 (1958)

36) Fa.Minnesota Mining u. Manufacturing Co.mbH., Düsseldorf, — Schriftliche und mündliche Mitteilungen vom Januar 1965

37) Müller,H. — Chemie und Technikologie der Kunststoffe Bd.I
R. Houwink,Leipzig, 1954

38) Newman,L.B. and Colwell,C.A., Jameson,E.L, — Decontamination of Articles Made by Tuberculosis Patients in Physical Medicine and Rehabilitation
A Study Using Carboxide Gas
Amer.Rev.Tbc.71,272 (1955)

39) Phillips,C.R. — The Sterilizing Action of Gaseous Ethylene Oxide
II Sterilization of Contaminated Objects with Ethylene Oxide and Related Compounds: Time, Concentration and Temperature Relationsships
Amer.J.Hyg.50,280 (1949)

40) Phillips,C.R. — Relative Resistance of Bacterial Spores and Vegetative Bacteria to Disinfectants
Bact.Rev.(Baltimore) 16,135 (1952) Zit. nach 2

41) Phillips,C.R. and Kaye,S. — The Sterilizing of Gaseous Ethylene Oxide I Rev.
Amer.J.Hyg.50,270 (1949)

42) Reddish,G.F. — Antiseptics, Disinfactants, Fungisides and Chemical and Physical Sterilization
II.Ed. Lea & Febiger
Philadelphia (1957)

43) Royce,A. and Bowler,C. — Ethylene Oxide Sterilization in some Practical Limitations J. Pharmacy and Pharmacology Supplement 13,87 (1961)

44) Schmidt,B. — Mündliche Mitteilungen vom Februar 1965

45) Schmidt,B. und Dobberstein,H. — Zur Gassterilisation hitzeempfindlichen Materials Medizinal Markt Bd.2,22 (1959)

46) Schmidt - Mende,M. und Heiss,W. — Ein neues Kaltsterilisationsgerät Chirurg 33,40 (1962)

47) Schrader,H. und Bossert,E. — US Patent Nr.2037 439 (1936) Zitat nach 39

48) Seibel,M. und Lammers,Th. — Sterilisation und Sterilhaltung in Kunststoffbeuteln Die Neue Verpackung 6 (1958)

49) Sexton,R.J. and Henson,E.V. — Dermatological Injuries by Ethylene Oxide J. Industr.Hyg. and Occup. Med.2,549 (1950) Zit.nach 2

50) Shull,J.J. — Mündliche Mitteilung an P. Warner Zit.nach 56

51) Skeehan,R.A. and Kaye,S., King,J.H. — Ethylene Oxide Sterilization in Opthalmologie Amer.J.Opht.42,424 (1956)

52) Snow,J.C. and Mangiaracine,A.B. Anderson,M.L. — Sterilization of Anesthesia Equiment with Ethylene Oxide New Engl.J.of Medicine 266, 443 (1962)

53) Thomas,C.G.A. — Sterilization by Ethylene Oxide Guy's Hosp. Rep. 109,57 (1960) Zit.nach 56

54) Thon,D. und Neumann,M. — Erfahrungen mit der Sterilisierung durch Äthylenoxyd Zbl.Bakt.Orig.176,256 (1959)

55) Vitéz,J. — Die Sterilisierung der Instrumente mit chemischen Mitteln (Kalt-Sterilisierung) Zbl.Bakt.I Orig.184,531 (1962)

56) Warner,P. Recent Advances in Sterilization II Ethylene Oxide Sterilization Manitoba Med.Rev.41,1 (1961)

57) Wegschneider,A. Über Entkeimungsmethoden in der zahnärztlichen Praxis Oesterr.Zschr.Stomat.57,6 (1960)

58) Wohlrab,R. Diskussionsbemerkungen zu dem Vortrag von G. Mayr Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Kaltsterilisation Zbl.Bakt.Ref.169,411 (1958)

59) Wurz,A. Sur l'oxyde d'ethylene C.R. Accad. Sci. Paris 48 (1959) Zit.nach 18

An dieser Stelle darf ich Herrn Professor Dr. B. S c h m i d t und Herrn Oberarzt Priv.-Doz. Dr. K. E i c h n e r meinen aufrichtigen Dank für die Überlassung des Themas aussprechen.

Herrn Oberarzt Priv.-Doz. Dr. V. L e n k bin ich für die vielfachen Unterstützungen und Hinweise bei der Durchführung der Arbeit dankbar.

Fräulein E. B r a n d t und Frau D. R o s e n b a u m aus dem Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der FU Berlin sowie Herrn Dr. E. K ö h l e r und Herrn H. W e i d e m a n n aus der wissenschaftlichen Abteilung der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der FU Berlin danke ich für ihre bereitwillige Hilfe bei der technischen Durchführung der Untersuchungen.

Lebenslauf

Als Sohn des Pfarrers Kurt Rausendorff und seiner Ehefrau Waldtraut geb. Heise wurde ich, Peter Paul Gustav Rausendorff am 6.6.1937 in Gleißen/Neumark geboren und wuchs mit meiner vier Jahre älteren Schwester dort auf.

1943 wurde ich in die Grundschule in Gleißen eingeschult. Durch die Kriegswirren mußte ich neun mal die Schule wechseln, bis ich 1958 das Abitur an der Berta-von-Suttner-Schule in Berlin-Reinickendorf ablegen konnte.

Zum Studium der Zahnheilkunde wurde ich im Mai 1958 an der Freien Universität Berlin immatrikuliert.

Nach fünfsemestrigem, vorklinischem Studium bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung am 28.10.1960 in Berlin.
Am 30.Juli 1963 legte ich das zahnärztliche Staatsexamen an der Freien Universität Berlin ab.
Nach halbjähriger Assistentenzeit in einer Praxis bin ich seit dem 1.4.1964 als wissenschaftlicher Assistent an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin in der kieferorthopädischen Abteilung tätig.

Im Oktober 1964 habe ich geheiratet.

Seit April 1964 habe ich mich mit experimentellen Untersuchungen über die Äthylenoxydsterilisation am Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Freien Universität Berlin befaßt.